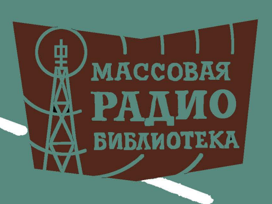


Л. Д. Фельдман

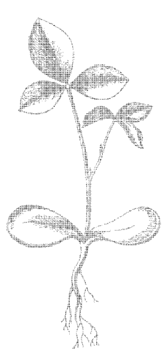
ТЕЛЕВИЗИОННЫЙ ПРИЕМ

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 565

Л. Д. ФЕЛЬДМАН

ТЕЛЕВИЗИОННЫЙ ПРИЕМ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1965 ЛЕНИНГРАД

УДК 621.397.6
Ф39

Рассмотрены принципы построения современного «черно-белого» телевизора, начиная с простейших элементов, цепей и функциональных узлов и кончая полной принципиальной схемой одного из массовых отечественных телевизоров. Отдельно рассмотрены вопросы борьбы с помехами телевидению, отыскания и устранения неисправностей в телевизоре, а также основные особенности технически правильной эксплуатации телевизоров.

Книга предназначена для радиолюбителей, а также для техников и радиомехаников телевизионных мастерских. Книга может служить учебным пособием для регулировщиков и контролеров телевизионных заводов.

Фельдман Лев Давидович
Телевизионный прием
М.-Л., издательство «Энергия», 1965, 208 стр. с илл.
(Массовая радиобиблиотека. Вып. 565).
Тематический план 1964 г., № 369

Редактор *Ю. А. Шумихин*

Техн. редактор *Т. Н. Царева*

Обложка художника *А. М. Кувшинникова*

Сдано в набор 14/X-1964 г. Подписано к печати 24/XII-1964 г. Бумага 84×108[1]/32
Печ. л. 13,12. Уч.-изд. л. 14,3 .Т-13480. Тираж 150 000 экз. Цена 57 коп. Зак. 1800

Владимирская типография Главполиграфпрома
Государственного комитета Совета Министров СССР
по печати.
Гор. Владимир, ул. Б. Ременники, д. 18-б

ВВЕДЕНИЕ

Прошло не так уж много времени с тех пор, как в нашей стране начался массовый выпуск телевизоров. Но за это время телевидение глубоко внедрилось в наш быт. Телевидение позволило миллионам людей в СССР и за рубежом видеть наших героев-космонавтов в полете и присутствовать при их триумфальном возвращении из космоса.

Благодаря телевидению мы становимся очевидцами важнейших событий в жизни нашего государства.

Насколько нагляднее и интереснее благодаря телевидению становятся сообщения о событиях, происходящих в СССР и за рубежом.

Телевизионная техника непрерывно совершенствуется, изыскиваются все новые и новые пути улучшения качества изображения, повышения надежности работы телевизоров и улучшения удобств их эксплуатации.

Выдающееся достижение отечественной телевизионной техники — бесперебойная телевизионная связь наших космических кораблей «Восток» и «Восход» с Землей.

Продолжает развиваться цветное телевидение. Однако здесь преодолены еще не все технические трудности. Опытные передачи, которые сейчас ведутся, позволят в недалеком будущем выбрать наилучшую систему цветного телевидения.

Строятся новые телевизионные центры и передатчики. Сейчас в нашей стране уже работает более 200 телевизионных центров, позволяющих смотреть телевизионные передачи многим миллионам зрителей.

Созданы телевизионные системы «Евровидение», «Интервидение», которые позволяют обмениваться телевизионными программами между многими странами. Далеко за рубежом смотрят наши телевизионные передачи во время важнейших событий.

Почти вся европейская территория Советского Союза также охвачена единой телевизионной сетью. Москва, Ленинград, Киев, Харьков, Таллин и многие другие города могут одновременно передавать одну и ту же программу, транслируемую по радиорелейным и кабельным линиям.

Большую работу по развитию телевизионной связи ведут радиолюбители. Они осуществляют дальний и сверхдальний прием телевизионных передач, используя различные типы распространения радиоволн.

Непрерывно совершенствуются и телевизоры. Наша промышленность создает новые радиотехнические материалы и приборы, новые

электронно-лучевые трубки. Большие изменения происходят также и в оформлении телевизоров. Изящные футляры, удобные и рационально расположенные органы управления, приятные для глаза форматы изображения, новые виды автоматических регулировок — вот тот далеко не полный перечень современных тенденций в конструировании новых моделей телевизоров. И, конечно, меняются схемы телевизоров. Правда, за последние несколько лет коренных изменений не произошло. Количество ламп в телевизорах резко не уменьшилось. Но параметры телевизоров, такие как четкость изображения, чувствительность, помехоустойчивость, значительно возросли.

Достаточно, например, сказать, что современные модели телевизоров имеют чувствительность 15—20 *мкв* при отношении сигнал/помеха на выходе видеоканала 20 *дб*. Это достигнуто применением новых радиоламп и схем.

Много миллионов телевизоров имеется сейчас у населения. Недалеко то время, когда в самых отдаленных уголках нашей Родины появится это замечательное достижение современной техники.

Основное назначение настоящей книги состоит в популяризации основ приемной телевизионной техники. Книга рассчитана на телезрителей, знакомых с основами радиотехники, радиолюбителей, техников и механиков телевизионных мастерских и заводов.

Глава первая

ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИГНАЛОВ

1-1. ФОРМА СИГНАЛА ИЗОБРАЖЕНИЯ

Прежде чем приступать к изучению работы телевизора, следует познакомиться с некоторыми общими вопросами телевизионной техники.

Телевизионный передатчик посылает в пространство сигналы изображения, синхронизации и звукового сопровождения телевизионной передачи. Эти сигналы принимаются антенной и претерпевают ряд изменений и преобразований в телевизоре, цель которых — получение изображения на экране и звукового сигнала в громкоговорителе.

Вначале рассмотрим особенности сигнала, позволяющего получить телевизионное изображение, а позже остановимся на вопросах, связанных с передачей звукового сопровождения.

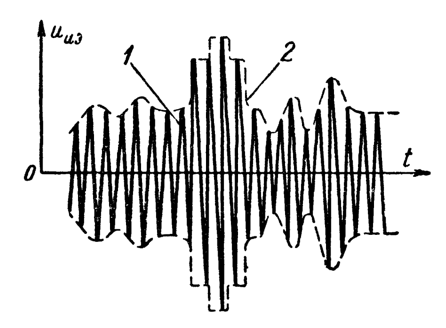


Рис. 1-1. Амплитудно-модулированный высокочастотный сигнал изображения.

Сигнал телевизионного изображения, принятый антенной и поступивший на вход телевизора, имеет вид модулированных по амплитуде колебаний высокой частоты. Эту частоту называют «несущей», так как с ее помощью передается (переносится) полезная информация. Эта информация при передаче по радио «скрыта» в законе модуляции сигнала несущей частоты.

На рис. 1-1 показана упрощенная форма радиочастотного сигнала изображения. Несущая частота *1* различна для разных телевизионных каналов. Например, несущая частота сигналов изображения первого телевизионного канала равна 49,75 *Мгц*, второго канала 59,25 *Мгц* и т. д. Пунктирная кривая *2* (воображаемая линия, со-

единяющая вершины высокочастотных колебаний), носит название «огибающей». Форма огибающей зависит от сюжета передаваемого изображения. Другими словами, сигнал несущей частоты оказывается промодулированным по амплитуде в соответствии с характером передаваемого изображения.

Если в данной местности одновременно работают два или несколько телевизионных передатчиков, то возникает задача выделения из смеси сигналов только сигналов выбранной телезрителем программы. Это удается сделать благодаря различию несущих частот разных телевизионных каналов.

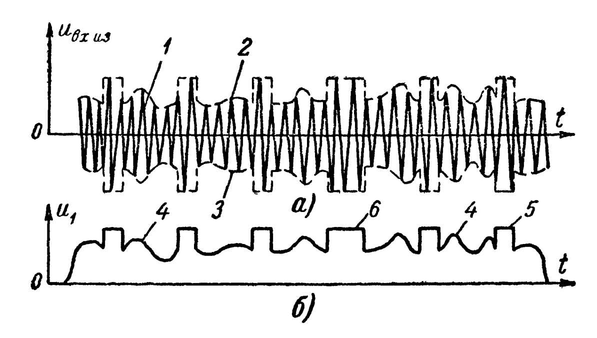


Рис. 1-2. Упрощенная форма амплитудно-модулированного сигнала изображения (*а*), огибающая (*б*).

Итак, на вход телевизора от антенны поступает сигнал, примерная форма которого показана на рис. 1-2, *а*. Предположим, что работает только один телевизионный передатчик, так что не возникает задачи выбора канала. После соответствующего усиления принятого слабого сигнала необходимо выделить из него полезную информацию, которая «скрыта» в законе изменения огибающей радиосигнала. Этот процесс осуществляется путем детектирования радиосигнала. При этом на выходе детектора образуется сигнал, соответствующий по форме огибающей принятого радиосигнала.

На рис. 1-2, *б* показан результат детектирования сигнала изображения.

После детектирования, при котором выделяется полезная информация в виде огибающей радиосигналов, сама несущая частота уже отсутствует — она выполнила свою задачу, «доставив» к приемнику полезную информацию.

1-2. ФОРМИРОВАНИЕ ПРОСТЕЙШЕГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

Посмотрим, как можно получить простейшее телевизионное изображение, использовав принятый и продетектированный сигнал, изображенный на рис. 1-2, *б*.

Следует отметить, что в сигнале, показанном на рис. 1-2, *б*, не все участки несут информацию об изображении. Только участки *4* пред-

ставляют собой электрические сигналы изображения. Это как бы «электрические копии» изображения какой-либо строки телевизионного растра. Между величиной сигнала на участках *4* и яркостью изображения вдоль строки существует однозначная связь. Сигналы *5* и *6* вспомогательные и служат для правильного воспроизведения изображения, для его синхронизации.

Изображение на экране кинескопа создается электронным лучом. Отклоняющая система, содержащая катушки строчной и кадровой развертки, позволяет перемещать луч по прямым линиям так, что на экране трубки образуется растр из светящихся строк. Если менять интенсивность луча, например, воздействуя на количество электронов в луче путем изменения напряжения на катоде трубки, то различные участки светящейся строки приобретут различную яркость.

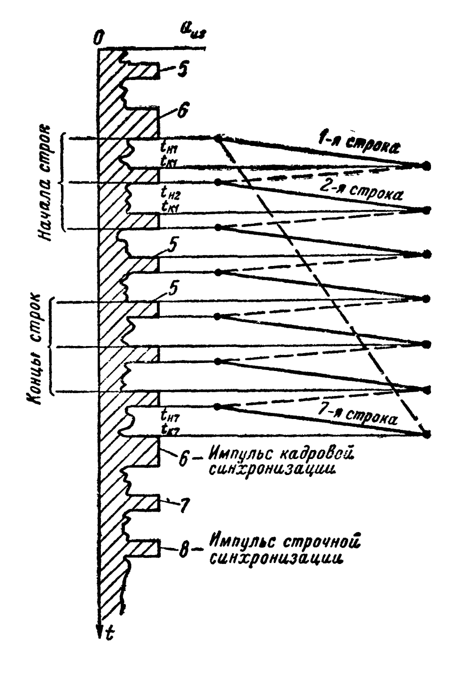


Рис. 1-3. Процесс образования растра.

Вспомогательные сигналы *5* и *6* служат для правильного распределения строк по растру. Хотя эти сигналы приведены в сильно упрощенном виде, мы сможем выяснить некоторые важные вопросы.

Обратимся к рис. 1-3. Сигнал изображения, показанный на рис. 1-2, *б* и называемый обычно видеосигналом, показан на рис. 1-3 повернутым так, что ось времени t идет сверху вниз. Точно так же сверху вниз и развертывается система строк (растр). На рис. 1-3 показано то соответствие, которое существует между положениями строк растра и различными участками видеосигнала.

Мы видим, что полный растр формируется в течение времени между двумя соседними импульсами *6*, а каждая отдельная строка — в течение времени между импульсами *5*. Поэтому импульсы *5* называют строчными синхронизирующими импульсами, а импульсы *6* — кадровыми синхронизирующими импульсами (или сокращенно — синхроимпульсами).

Начало каждой строки совпадает с моментами окончания строчных синхроимпульсов (моменты времени $t_{н1}$, $t_{н2}$, $t_{н7}$ и т. д.), а концы строк совпадают по времени с передними фронтами синхроимпульсов ($t_{к1}$, $t_{к2}$ и т. д.).

Это соответствие между фронтами и спадами импульсов синхронизации и положениями светового пятна на растре весьма важно для

правильного управления движением луча кинескопа. Ведь именно в таком же порядке формируются сигналы изображения на телецентре.

Таким образом, в телевизоре необходимо иметь устройство, которое правильно укладывает строки растра, т. е. синхронизирует его с растром передающей камеры телецентра.

Совокупность всех строк растра составляет один кадр телевизионного изображения. Если строки в вертикальном (кадровом) направлении укладываются последовательно одна за другой, то такая развертка называется построчной или прогрессивной [1].

На рис. 1-3 показан растр, состоящий всего из семи строк. Луч, прочертив последнюю, седьмую строку, должен возвратиться к началу растра, т. е. в точку начала первой строки. Импульсы *7* и *8* и т. д. начнут формировать новый кадр изображения, состоящий из такого же количества строк, что и первый, показанный на рисунке, кадр. Благодаря этому на экране будет непрерывно прочерчиваться кадр за кадром с частотой следования импульсов кадровой синхронизации *6*. Если строки появляются достаточно часто, а смена кадров происходит быстро, то глядя на экран кинескопа, мы вследствие инерционности зрения [2] увидим неподвижную сетку строк равномерной яркости.

Если одновременно с разверткой строк на катод или модулирующий электрод кинескопа подается изменяющийся по величине сигнал изображения, то при этом яркость вдоль строки изменяется по закону строчного видеосигнала.

Совокупность строк растра при изменяющейся яркости создает видимое изображение передаваемой сцены.

Чем больше строк в растре, тем более четким будет изображение, так как число возможных для наблюдения деталей изображения (в направлении строки или кадра) примерно равно числу строк в кадре. Однако с увеличением числа строк усложняются требования к приемным и другим цепям телевизора. Поэтому, чтобы рассмотреть как формируется высококачественное изображение необходимо знать зависимость между рядом характеристик телевизионного изображения, к числу которых относятся: число строк в кадре; частота смены кадров, формат изображения, длительность импульсов, образующих видеосигнал, спектральный состав видеосигнала, полоса пропускания телевизионного канала, тип развертки изображения и др.

Все эти характеристики тесно связаны между собой.

1-3. СВЯЗЬ МЕЖДУ ОСНОВНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ТЕЛЕВИЗИОННОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

Чем больше строк в изображении, тем больше его четкость. Однако нет надобности в чрезмерно большом числе строк, так как глаз человека все равно не способен различить раздельно две строки, расстояние между которыми соответствует углу зрения, примерно равно-

---

[1] Часто употребляемый термин «прогрессивная» развертка представляется не очень удачным, поскольку это слово обычно характеризует определяемое понятие с положительных, прогрессивных сторон, чего нельзя сказать об этом типе развертки. Лучше определять ее как построчная развертка.

[2] Инерционность зрения заключается в том, что глаз удерживает зрительное впечатление в течение некоторого времени после того, как наблюдаемый объект убран из поля зрения.

му 1′. Это является следствием ограниченной разрешающей способности зрения. Для зрителя, находящегося от экрана телевизора на нормальном расстоянии, равном пяти-шести высотам изображения, целесообразно выбирать число строк в кадре равным примерно 600. В соответствии с общесоюзным стандартом черно-белого телевидения число строк телевизионного изображения принято равным 625.

Итак, число строк в телевизионном растре выбрано, исходя из необходимости получить достаточно четкое изображение с большим количеством деталей. Увеличение числа строк выше 625 не приводит к значительному улучшению качества изображения. Уменьшение же числа строк ухудшает изображение, так как между строками появляются «пустые» промежутки, вследствие чего нельзя будет на экране воспроизвести детали изображения с малыми размерами.

Указанные 625 строк растра должны появиться на экране кинескопа в течение достаточно малого отрезка времени, чтобы глаз не «забыл» первую строку, когда на экране будет развертываться последняя. Только в этом случае мы увидим изображение слитным и без мелькания. Инерционность зрения такова, что мы слитно воспринимаем эффект движения объектов телевизионной передачи и не замечаем мелькания отдельных кадров, если кадры при построчной (прогрессивной) развертке сменяются быстрее 40—50 раз в секунду. Обычно берут частоту кадров равной 50 *гц*. Такую частоту имеет напряжение сети, от которой питаются телевизоры. Выбор частоты кадров, равной частоте питающей сети, позволяет несколько ослабить требования к пульсации анодного питания ламп телевизора, а также упростить конструкцию некоторых узлов.

Итак, если за 1/50 долю секунды уложить на экране все 625 строк растра, то мы увидим слитное изображение без мелькания. Подсчитаем время, необходимое для развертки одной строки. Оно равно 1/50 : 625=0,000032 *сек*=32 *мксек* (микросекунды).

Яркость вдоль каждой строки должна изменяться в соответствии с передаваемым изображением. Следовательно, управляющее напряжение, подаваемое на модулятор трубки, также должно изменяться в течение времени развертки одной строки. При передаче телевизионных изображений за время одной строки происходит большое число изменений яркости. Однако нет смысла передавать все мельчайшие подробности изображения вдоль строки. Ведь в направлении кадровой развертки, т. е. по вертикали изображения, мы имеем всего 625 отдельных элементов или точек. Иными словами, изображение по вертикали формируется совокупностью 625 элементов, яркость которых может изменяться произвольно.

Таким образом, поскольку в одном направлении (по вертикали) число элементов, формирующих изображение, ограничено (625), то можно ограничить это число элементов и по горизонтали. При этом четкость изображения по вертикали и по горизонтали будет одинаковой.

Если, например, расстояние между двумя соседними строками равно 0,5 *мм*, то целесообразно принять, чтобы и вдоль строки расстояние между двумя раздельно различными элементами изображения было равно также 0,5 *мм*.

Сколько же отдельных элементов изображения следует уложить вдоль строки? Это зависит от формата изображения.

Формат телевизионного изображения почти повсеместно равен 4 : 3 (ширина изображения относится к его высоте как 4 : 3).

Так как по вертикали укладывается 625 элементов (строк), то вдоль строки уложится около 625×4/3=800 элементов.

Поскольку вся строка развертывается за 32 *мксек*, длительность одного элемента изображения по строке при построчной развертке равна примерно 32 *мксек* : 800=0,04 *мксек*.

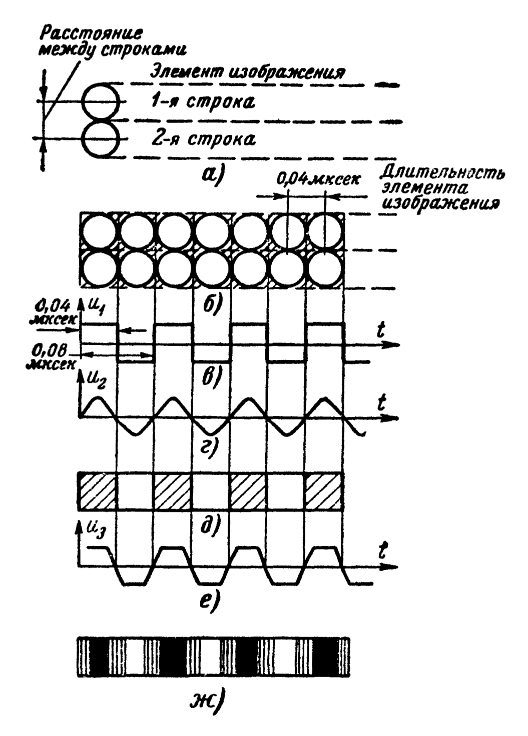


Рис. 1-4. Образование элементов изображения на экране кинескопа.

Следует уточнить понятие элемента изображения. Обратимся к рис. 1-4, *а*. Электронный луч, попадая на люминофор (светящееся вещество на внутренней поверхности экрана кинескопа), образует небольшое пятно круглой формы. В пределах этого пятна невозможно получить какое-либо различие по яркости отдельных точек экрана кинескопа. Напротив, для двух соседних положений пятна на первой и второй строках яркости могут быть совершенно независимыми. Диаметр пятна зависит от типа трубки и качества фокусировки луча. В среднем диаметр пятна равен 0,25—0,5 *мм*. В некоторых телевизорах имеются даже специальные устройства, которые искусственно увеличивают диаметр пятна так, чтобы строки примыкали друг к другу. На рис. 1-4, *а* две соседние строки показаны примыкающими

друг к другу. Таким образом, вертикальный размер одного элемента изображения равен ширине строки, т. е. диаметру пятна. Очевидно, такой же размер имеет элемент изображения и по горизонтали.

На рис. 1-4,*б* показано, как элементы изображения укладываются вдоль строк. Конечно, этот процесс происходит плавно, так как пятно непрерывно перемещается вдоль строки. Временна́я протяженность одного элемента изображения, как упоминалось, равна 0,04 *мксек*. На рис. 1-4,*в* показаны импульсы длительностью 0,04 *мксек*. Если такие импульсы подать на модулятор приемной трубки, то, казалось бы, на экране трубки должны появиться строки такие, как, например, изображено на рис. 1-4,*д*. Однако это не совсем так.

Дело в том, что импульсы, подобные показанным на рис. 1-4,*б*, трудно не только получить, но и передать и, что самое важное, воспроизвести на экране трубки.

Причина трудности их получения и передачи одна и та же. В любых радиотехнических цепях имеются паразитные емкости и индуктивности, т. е. реактивные элементы, препятствующие быстрым изменениям напряжения или тока. А ведь фронт и спад у импульсов, показанных на рис. 1-4,*б*, очень крутой. Поэтому реальные импульсы могут иметь вид такой, как показано на рис. 1-4,*е*, т. е. с «заваленными», закругленными фронтом и спадом.

Причина же того, что их трудно воспроизвести на экране кинескопа, состоит в том, что воспроизводящее пятно имеет конечный диаметр (толстым пером нельзя написать тонкие буквы).

Поэтому, сколь крутыми ни были бы фронты и спады импульсов, воспроизведутся они на экране нерезко (рис. 1-4,*ж*), поэтому и нет смысла формировать телевизионный сигнал из таких идеальных импульсов, какие показаны на рис. 1-4,*в*. Достаточно передавать импульсы типа *е* или *г*.

Теперь, чтобы разобраться в дальнейших вопросах, придется познакомиться с понятием спектра сигнала.

1-4. ПОНЯТИЕ О СПЕКТРЕ ТЕЛЕВИЗИОННОГО СИГНАЛА

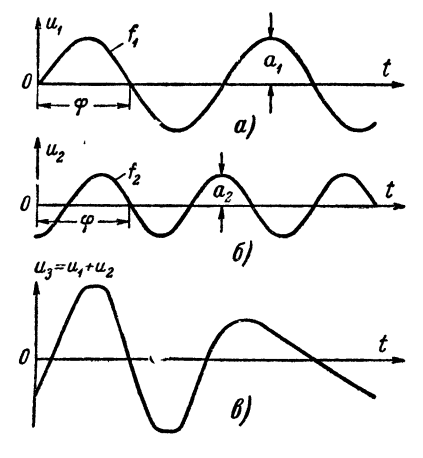


Рис. 1-5. Сложение двух синусоидальных колебаний разных частот.

Если сложить два синусоидальных колебания (рис. 1-5, *а* и *б*) различных частот f_1 и f_2, то получится некоторое колебание новой формы, явно несинусоидальной (рис. 1-5, *в*). Если сложить большое число различных синусоидальных колебаний, то форма суммарного результирующего колебания может оказаться самой различной.

Теперь поставим обратную задачу. Имеется сигнал сложной формы, например такой, как изображено на рис. 1-5,*в*. Спрашивается, можно ли этот сигнал явно несинусоидальной формы представить как сумму некоторого числа синусоидальных колебаний? Очевидно, можно. Ведь сигнал (*в*) мы и получили, сложив синусоидальные колебания (*а*) и (*б*) (рис. 1-5). Это означает, что спектр сигнала u_3 (рис. 1-5, *в*) состоит из синусоидальных колебаний u_1 и u_2 с частотами f_1 и f_2 и амплитудами a_1 и a_2.

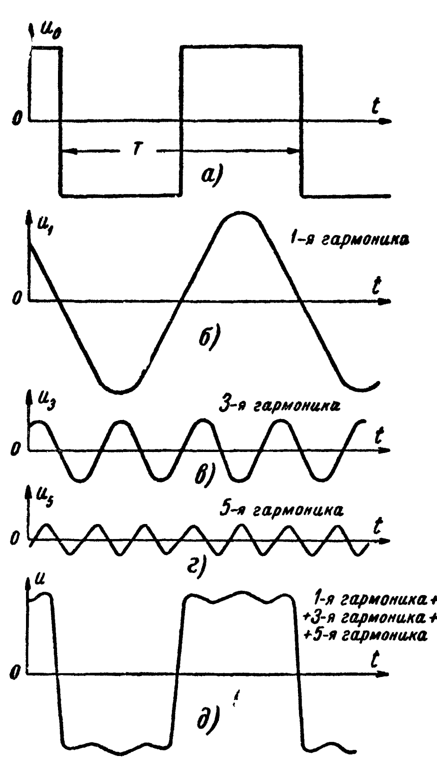


Рис. 1-6. Получение прямоугольных импульсов u_0 путем сложения трех гармоник u_1, u_2 и u_3.

Оказывается, можно путем сложения того или иного количества синусоидальных колебаний с определенными частотами, амплитудами и фазами получить сложные сигналы любой формы, в том числе и прямоугольные импульсы. Следовательно, можно утверждать и обратное, а именно, что последовательность прямоугольных импульсов, например таких, как показано на рис. 1-4, *в*, эквивалентна некоторому набору (спектру) синусоид, или, как их называют, гармоник. Очевидно, что чем больше число гармоник мы складываем, тем точнее их сумма будет описывать прямоугольные импульсы.

Например, из графиков на рис. 1-6 видно, что колебания прямоугольной формы с периодом T и частотой $F=1/T$ можно с большой степенью точности представить в виде суммы синусоидальных колебаний с частотами F (первая гармоника), $3F$ (третья гармоника) и $5F$ (пятая гармоника). Конечно, колебания, показанные на рис. 1-6, *д*, имеют некоторые отличия от исходных колебаний (рис. 1-6, *а*). Эти отличия можно сделать еще меньшими, если добавить гармоники с частотами $7F$, $9F$ и т. д. Однако, если для какого-то конкретного случая форма колебаний, показанная на рис. 1-6, *д*, достаточно приемлема, то всеми гармониками выше пятой можно пренебречь.

На основании изложенного можно сделать важный практический вывод. Если какая-нибудь схема предназначена для усиления прямоугольных импульсов, то нужно, чтобы эта схема пропускала все

гармоники, имеющие большое значение в спектре импульсных колебаний.

Если какая-либо схема без искажений воспроизводит основные гармоники спектра колебаний, то сами колебания в этой схеме также почти не исказятся.

Еще один важный вывод состоит в следующем. Предположим, что все гармоники некоторых сложных колебаний увеличены по амплитуде в одинаковое число раз (при сохранении начальных фаз); если после этого сложить все усиленные гармоники спектра, то опять получатся колебания исходной формы, только усиленные. Таким образом, если усилитель одинаково усиливает все частоты в полосе спектра импульсных колебаний, то этот усилитель не исказит импульса. Говорят при этом, что частотная характеристика усилителя равномерна в полосе частот спектра данного колебания, а сам усилитель называется линейным.

Теперь предположим, что в линейном усилителе все синусоиды спектра колебания сдвигаются на одно и то же время. В этом случае сигнал на выходе такого усилителя будет также повторять по форме входное напряжение. Это означает, что усилитель имеет равномерную характеристику временных задержек всех гармоник, или линейную фазовую характеристику (подробнее об этом говорится в следующей главе).

Таким образом, радиотехническая цепь не искажает передаваемых сигналов, если:

1) она не искажает синусоидальных колебаний в полосе спектра сигнала, т. е. имеет линейную амплитудную характеристику;

2) одинаково усиливает все гармоники (имеет равномерную частотную характеристику);

3) одинаково сдвигает во времени все гармоники (имеет линейную фазовую характеристику).

Итак, для того чтобы определить, как будут искажены импульсы, прошедшие через какой-либо усилитель или другую цепь, можно поступить следующим образом:

а) разложить серию импульсов в спектр гармоник;

б) определить воздействие цепи на каждую гармонику в отдельности;

в) затем сложить эти гармоники.

Определим теперь, каким количеством гармоник можно представить телевизионный сигнал. Вернемся к рис. 1-3. Импульсы *6* повторяются через каждый кадр, т. е. через 1/50 *сек* (частота повторения их равна 50 *гц*). Значит, последовательность этих импульсов может быть представлена рядом гармоник с частотами 50, 100 *гц* и т. д.

Импульсы *6* представляют собой самую «медленную» последовательность импульсов в телевизионном сигнале, следовательно, им соответствует низшая гармоника в спектре телевизионного сигнала (рассматривается упрощенная форма телевизионного сигнала).

Итак, нижняя граница спектра телевизионного сигнала определена. Теперь рассмотрим самую «быструю» серию импульсов. Очевидно, эта серия может содержаться в таком сигнале, который соответствует наиболее мелким деталям изображения. Такой случай может быть, когда нужно передать вертикальные черно-белые полоски шириной, равной диаметру светового пятна на экране кинескопа. Такое изображение можно передать импульсами, показанными на рис. 1-4, *б*.

Для рассматриваемой пока построчной (прогрессивной) развертки длительность одного элемента изображения, т. е. длительность импульса равна, как было установлено ранее, 0,04 *мксек*. Период этого колебания, равный полному изменению процесса, составляет 0,04 *мксек*$\times$2=0,08 *мксек*. Следовательно, эта серия импульсов может быть представлена рядом гармоник, причем частота первой, низшей из них, равна 1 : 0,08 *мксек*=12,5 *Мгц*. Более высокие гармоники для этой серии передавать не имеет смысла, так как они все равно не воспроизводятся на экране кинескопа из-за конечного размера диаметра светового пятна.

Мы рассмотрели крайние случаи серии наиболее редких и наиболее частых импульсов. Очевидно, в реальных изображениях могут встретиться импульсы с любой частотой следования между 50 *гц* и 12,5 *Мгц*. Спектр телевизионного сигнала в общем случае будет состоять из большого числа гармоник с частотами от 50 *гц* до 12,5 *Мгц*. За счет возможных на практике медленных изменений яркости сюжета передачи в спектр добавляются также составляющие с очень низкими частотами (от 0 до 2—3 *гц*).

Следует отметить, что главное значение в воспроизведении яркостей отдельных участков изображения имеют низшие гармоники. Высшие гармоники формируют контуры изображений предметов. Если в сигнале отсутствуют высшие гармоники, то контуры изображений оказываются размытыми, нечеткими.

Практически оказывается достаточным для воспроизведения наиболее мелких деталей изображения передавать и воспроизводить первую гармонику наиболее «быстрой» серии импульсов (рис. 1-4, *в*).

Таким образом, усилители и другие цепи телевизора, через которые проходит телевизионный сигнал, должны без искажений пропускать синусоидальные колебания с частотами до 12,5 *Мгц*. Ширина спектра телевизионного сигнала при рассматриваемой упрощенной форме сигнала и построчной (прогрессивной) развертке составляет, следовательно, примерно 12,5 *Мгц*.

Передача сигнала со столь широким спектром сопряжена со значительными техническими трудностями. Во-первых, полоса частот, выделенных для телевизионного вещания, ограничена, поэтому для размещения большого количества телевизионных каналов в этой полосе необходимо сужать спектр телевизионного сигнала. Во-вторых, более узкий спектр сигнала облегчает конструирование передатчиков, антенн (как передающей, так и приемной) и телевизоров. Для сокращения полосы частот спектра телевизионного сигнала сейчас широко применяется чересстрочная, а не построчная развертка, которая до сих пор рассматривалась.

1-5. ЧЕРЕССТРОЧНАЯ РАЗВЕРТКА

Мы видели, что ширина спектра телевизионного сигнала в сущности определяется длительностью элементарного импульса в 0,04 *мксек*. Если длительность этого импульса увеличить, например, вдвое, то ширина спектра телевизионного сигнала сузится вдвое. Единственный путь увеличения длительности элементарного импульса состоит в том, чтобы уменьшить скорость строчной развертки. Но если при построчной (прогрессивной) развертке скорость строчной развертки уменьшить, например, в 2 раза, то при этом соответственно увели-

чится в 2 раза время передачи одного кадра, а это значит, что в секунду будет передано не 50, а только 25 кадров, что приведет к появлению заметных мельканий изображения. Выход из положения был найден путем применения чересстрочной развертки.

Разобьем весь растр, состоящий из 625 строк, на две части, чтобы полный растр записывался в два приема. Сначала за время, равное 1/50 *сек*, воспроизведем лишь нечетные строки: 1-ю, 3-ю, 5-ю и т. д. При этом укладывать строки будем на тех же местах, где они располагались при построчной (прогрессивной) развертке. Эта часть растра, состоящая из нечетных строк, называется полем нечетных

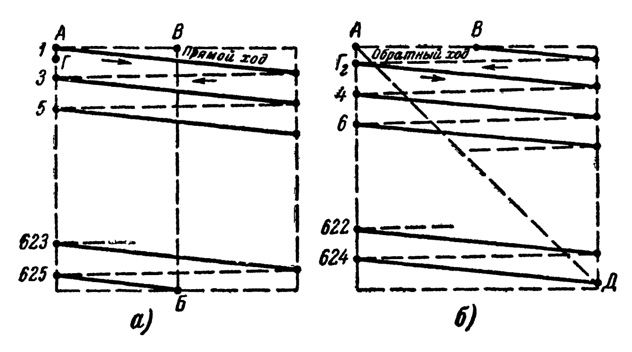


Рис. 1-7. Поле нечетных строк (*а*) и поле четных строк (*б*) растра.

строк, или нечетным полукадром (рис. 1-7,*а*). При формировании полукадра луч совершал прямые и обратные ходы. Обратный ход луча (справа налево) происходит значительно быстрее прямого, поскольку в течение обратного хода необходимо только перевести луч к левому краю растра, а во время прямого хода происходит формирование самого изображения. Следует обратить внимание на то, что последняя нечетная строка, 625-я, прочерчивается только до середины (до точки *Б*).

Таким образом, нечетный полукадр содержит половину общего числа строк, т. е. 312,5 строк. Попав в точку *Б* (конец нечетного полукадра), электронный луч быстро переводится в точку *В*, лежащую на одном уровне с точкой *А* — началом первой нечетной строки. При этом луч попадает, естественно, на середину верхней кромки изображения. Начиная с точки *В*, луч записывает четные строки, предварительно закончив 625-ю строку наверху. Совершив обратный ход и попав в точку *Г*, луч оказывается в начале второй (четной) строки (рис. 1-7,*б*). Прочертив все четные строки до 624-й и попав в точку *Д*, луч опять совершает обратный ход по линии *ДА*. Таким образом формируется поле четных строк или четный полукадр. На рис. 1-7,*а* и *б* переход лучей из одного полукадра в другой происходит по условным штриховым линиям *БВ* и *ДА*. Немного ниже мы уточним, как происходит этот процесс обратного хода луча между полукадрами.

Легко видеть, что если наложить оба полукадра друг на друга, то получится полный растр из 625 строк, как и при построчной раз-

вертке. Это происходит потому, что во время формирования четного полукадра строки ложатся точно посредине между строками нечетного полукадра. Конечно, можно было бы и по-другому сформировать полный растр из двух полукадров, например 625-ю строку дописать полностью и обратным ходом вернуться непосредственно в точку *Г* — начало четного полукадра. Однако рассмотренный способ, как будет видно далее, позволяет сравнительно легко решить проблему синхронизации генераторов разверток.

Отметим еще, что, как видно из рис. 1-7, строки во время прямых ходов не располагаются строго по горизонтали, а несколько наклонены. Но практически, поскольку число строк довольно велико, этот наклон не заметен и на качество изображения совершенно не влияет, так как в передающей камере строки растра наклонены точно так же.

Итак, в течение каждой 1/50 доли секунды на экране кинескопа возникает ровно половина числа строк всего растра — 312,5. Весь растр, следовательно, образуется за 1/25 *сек*. Чего же мы достигли такой разверткой, которая несколько сложнее на первый взгляд по сравнению с прогрессивной?

Так как все 625 строк теперь формируются за 1/25 *сек*, то длительность одной строки равна примерно 64 *мксек*, т. е. в 2 раза больше, чем при прогрессивной развертке. Соответственно длительность самых кратковременных импульсов равна уже не 0,04, а 0,08 *мксек*. Благодаря этому ширина спектра телевизионного сигнала сократится вдвое и составит 6,25 *Мгц*. В то же время мелькания изображения не увеличиваются, хотя число полных кадров в секунду уменьшается до 25. Это объясняется тем, что каждый из полукадров (а их число равно 50 в секунду) создает на экране кинескопа одно световое поле, так что общее число таких полей яркости составляет 50 в секунду, как и при построчной развертке. Четкость изображения при чересстрочной развертке остается такой же, как и при прогрессивной. Это объясняется тем, что четные строки располагаются между нечетными, а вследствие инерционности зрения и те и другие видны одновременно. По содержанию изображения полукадры четных и нечетных строк несколько отличаются друг от друга. Также и форма телевизионного сигнала несколько различна в обоих полукадрах. В спектре телевизионного сигнала при чересстрочной развертке появляется гармоника с частотой полей 25 *гц*.

1-6. АМПЛИТУДНАЯ МОДУЛЯЦИЯ. ПОДАВЛЕНИЕ НИЖНЕЙ БОКОВОЙ ПОЛОСЫ ЧАСТОТ

Спектр частот телевизионного сигнала, имеющий ширину 6,25 *Мгц*, необходимо передать с помощью радиоволн от передатчика к приемнику.

Для этого обычно используется амплитудная модуляция высокочастотного сигнала. Здесь возникают следующие вопросы: какова должна быть несущая частота, какова ширина спектра частот телевизионного сигнала после модуляции? Ведь от этого зависит полоса частот, занимаемая одним телевизионным каналом.

Обратимся опять к методу спектрального анализа. Рассмотрим амплитудно-модулированные колебания u_1 (рис. 1-8,*а*). Пусть несущая частота равна $f_{нес}$, а модулирующая частота равна $F_м$. С частотой $F_м$ при амплитудной модуляции изменяется огибающая высоко-

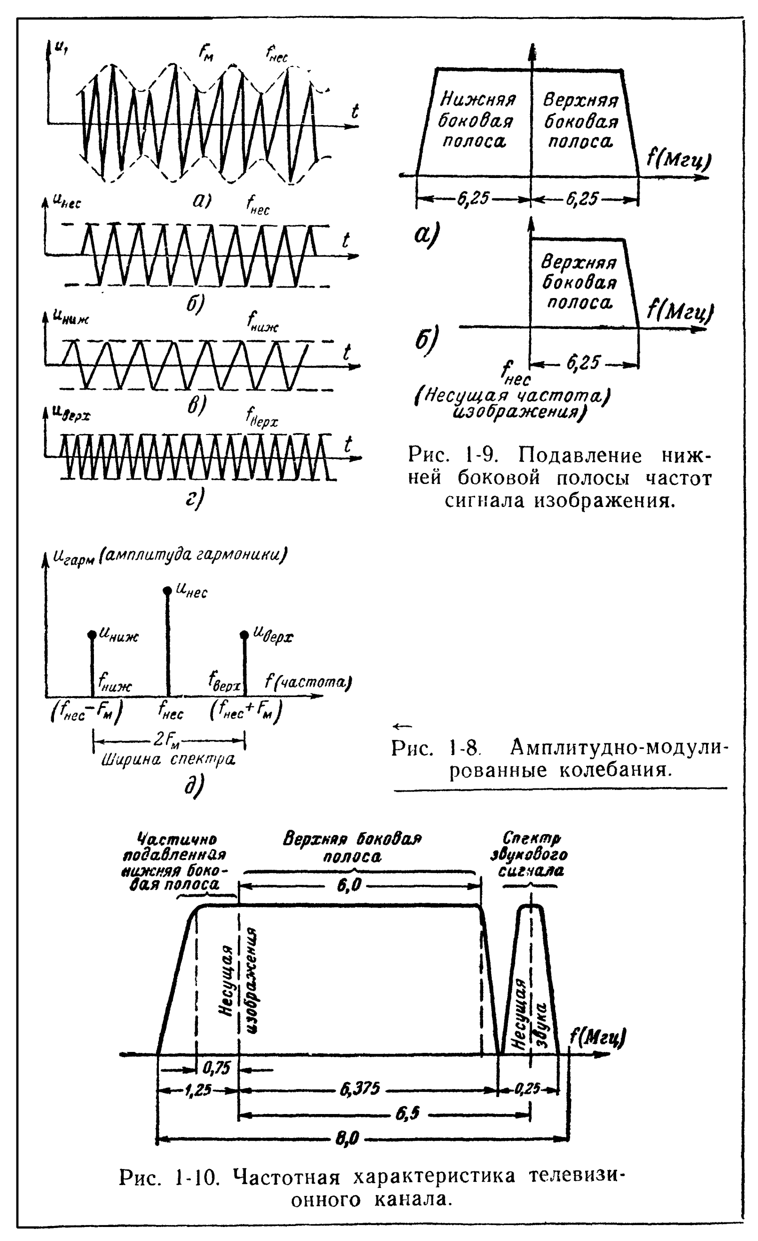


Рис. 1-9. Подавление нижней боковой полосы частот сигнала изображения.

← Рис. 1-8. Амплитудно-модулированные колебания.

Рис. 1-10. Частотная характеристика телевизионного канала.

частотных колебаний. Разложим модулированные колебания u_1 на гармоники. Оказывается, такие колебания можно представить как сумму трех синусоидальных колебаний. $u_{нес}$, $u_{ниж}$, $u_{верх}$. Частота колебаний $u_{нес}$ равна частоте несущей $f_{нес}$, частота $u_{ниж}$ равна разности $(f_{нес}-F_м)$, а частота колебаний $u_{верх}$ равна сумме $(f_{нес}+F_м)$. Колебания с частотами $f_{ниж}$ и $f_{верх}$ представляют собой соответственно нижнюю и верхнюю частоты спектра амплитудно-модулированных колебаний. На рис. 1-8, *д* показан графически спектр частот рассмотренных колебаний, полная ширина которого равна $(f_{нес}+F_м)-(f_{нес}-F_м)=2F_м$.

Если изменить частоту модулирующих колебаний, то, очевидно, ширина спектра также изменится. Телевизионный сигнал имеет непрерывный, сплошной спектр, шириной от нулевой частоты (постоянная составляющая) до частоты 6,25 *Мгц*. При этом ширина спектра высокочастотных колебаний, модулированных телевизионным сигналом, будет равна 12,5 *Мгц* и полоса пропускания телевизионного радиоканала должна быть равна 12,5 *Мгц* (рис. 1-9, *а*).

Как показывают расчеты и практика телевидения, передача обеих боковых полос спектра не обязательна. Оказывается, что для правильного воспроизведения передаваемого изображения достаточно передавать только одну боковую полосу частот, несущую частоту и небольшой «остаток» от подавленной боковой полосы (рис. 1-10).

Объясняется это тем, что по сути дела вся информация о передаваемом телевизионном видеосигнале уже содержится в полосе частот шириной 6,25 *Мгц*. В этом смысле обе боковые полосы частот, верхняя и нижняя, вполне равноправны. Поэтому можно передавать любую из боковых полос — или верхнюю, или нижнюю.

Советский стандарт на систему телевизионного вещания (ГОСТ 7845—55) предусматривает такую форму частотной характеристики передатчиков телевизионного изображения, которая обеспечивает передачу только одной боковой полосы телевизионного сигнала.

Из рис. 1-10 видно, что правая кромка частотной характеристики отстоит от несущей частоты на 6,375 *Мгц*. Нижняя боковая полоса полностью не подавлена, она занимает ширину в 1,25 *Мгц*. Часть нижней боковой полосы оставлена потому, что в устройствах, подавляющих нижнюю боковую полосу, возникают фазовые искажения, которые очень опасны для качеств изображения, особенно, если они происходят на частотах, близких к несущей.

Итак, благодаря применению чересстрочной развертки и подавлению боковой полосы спектр полного телевизионного сигнала удается сузить до 6,25 *Мгц*. При прогрессивной развертке и без подавления боковой полосы радиосигнал занимал бы полосу 25 *Мгц*, что вызвало бы серьезные технические трудности при построении телевизионных систем.

1-7. НА КАКИХ НЕСУЩИХ ЧАСТОТАХ ВЕДУТСЯ ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ ПЕРЕДАЧИ

При выборе несущей частоты телевизионного сигнала следует учитывать два обстоятельства. Во-первых, несущая частота должна быть такой, чтобы все составляющие спектра телевизионного сигнала передавались без искажений. Во-вторых, несущая частота должна быть такой, чтобы в телевизоре можно было легко восстановить или выделить огибающую сигнала.

Если подать видеосигнал прямо на передающую антенну, то низкие частоты, примыкающие к постоянной составляющей, излучаться в пространство не будут. Полоса частот передаваемого сигнала должна быть во много раз меньше несущей частоты. Тогда относительное различие составляющих спектра будет незначительным и все они будут передаваться одинаково. Например, если несущая частота равна 60 *Мгц*, то при подавленной нижней боковой полосе спектр телевизионного сигнала будет простираться от 60 до 66,375 *Мгц*. Как видим, относительное изменение частот спектра невелико (около 10%). Это соотношение технически приемлемо.

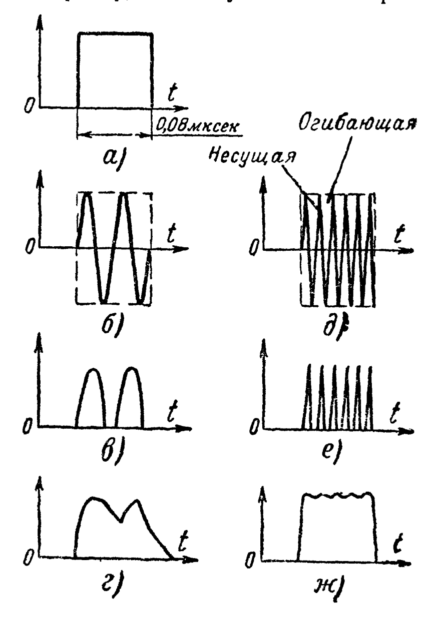


Рис. 1-11. Соотношение между длительностью импульса и периодом несущего колебания.

Теперь предположим, что надо передать самый короткий импульс телевизионного сигнала, который, как известно, должен иметь длительность 0,08 *мксек* (рис. 1-11,*а*). Пусть несущая частота такова, что во время такого импульса укладывается всего две полуволны колебаний несущей частоты (рис. 1-10,*б*). Это соответствует несущей частоте 2/0,08 *мксек* = 25 *мгц*. Для воспроизведения огибающей (в данном случае — импульса) в приемном канале телевизора применяется детектор, который вначале формирует последовательность положительных (или отрицательных) полуволн несущей частоты (рис. 1-11, *в*), а затем сглаживает эти полуволны с помощью *RC*-фильтра (подробно эти вопросы рассматриваются в главе четвертой). Для несущей частоты 25 *Мгц* на выходе детектора получится импульс искаженной формы (рис. 1-11, *г*).

Если же несущая частота значительно выше (рис. 1-11, *д*), то на выходе детектора импульс будет воспроизведен со значительно меньшими искажениями (рис. 1-11, *е* и *ж*). Практически считают, что несущая частота при амплитудной модуляции должна быть в 8—10 раз больше ширины спектра модулирующего колебания. Для приведенного случая, когда ширина спектра составляет 6—7 *Мгц*, несущая частота должна быть равна не менее 50 *Мгц*. В соответствии с этими соображениями несущая частота первого канала в системе телевизионного вещания СССР выбрана равной 49,75 *Мгц*. Длина волны λ, вычисляемая по формуле

$$\lambda\,(м) = \frac{300}{f\,(Мгц)},$$

при этом равна 6 *м*. Несущие частоты других каналов еще выше. Таким образом, для телевизионной передачи необходимы радиоканалы в диапазоне ультракоротких волн (УКВ).

1-8. КАК ФОРМИРУЕТСЯ ЧЕРЕССТРОЧНАЯ РАЗВЕРТКА

Перейдем теперь к более подробному рассмотрению вопросов формирования сигналов развертки и синхронизации.

Прежде всего остановимся на некоторых технических средствах, которыми располагают для развертки.

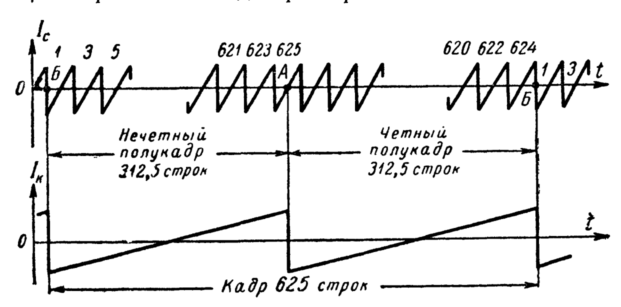


Рис. 1-12. Идеализированные пилообразные отклоняющие токи.

Электронный луч кинескопа создает растр строк благодаря пилообразным токам, протекающим в катушках отклоняющей системы.

Эти пилообразные токи вырабатываются двумя генераторами — строчным и кадровым. Необходимо, чтобы во время работы телевизора эти генераторы работали непрерывно и стабильно, не меняя частот и амплитуд своих колебаний. Иными словами, в строчном и кадровом генераторах процессы установления режима (называемые переходными процессами) должны заканчиваться после прогрева ламп телевизора, т. е. через 5—10 *мин* после его включения. Выполнение этого требования необходимо для того, чтобы все перемещения луча снизу вверх, изменение направления его движения, начиная с середины 625-й строки и т. д., происходили без нарушения нормальной непрерывной работы генераторов строчной и кадровой разверток. Эти переходы при правильно выбранных частотах повторения пилообразных токов в отклоняющих катушках совершаются автоматически. На рис. 1-12 изображены в упрощенной форме пилообразные токи, с помощью которых происходит отклонение луча кинескопа. Для простоты рассуждений будем полагать, что обратные ходы обоих пилообразных токов по длительности равны нулю. Это означает, что перемещение луча справа налево и снизу вверх происходит мгновенно. Из этого рисунка видно, что полный кадр образуется двумя полукадрами: четным и нечетным. Если число строк в полном кадре нечетно (в нашем случае 625) и если оба полукадра содержат одинаковое число строк, то первый, нечетный полукадр, заканчивается на середине 625-й строки автоматически (точка *А*). Четный же полу-

кадр заканчивается в конце 624-й строки (точка *Б*). Выше было показано, что этого достаточно для образования чересстрочной развертки (см. рис. 1-7).

Теперь несколько приблизим картину к реальной, учтя обратный ход по кадру, который должен быть таким, чтобы луч возвращался в соответствующее место растра: после четного полукадра — в левый верхний угол, после нечетного полукадра — в середину верхнего края растра. Так как реальные пилообразные токи (и, в частности, ток кадрового отклонения) имеют обратный ход, длящийся некоторое конечное время, то за время возврата луча снизу вверх

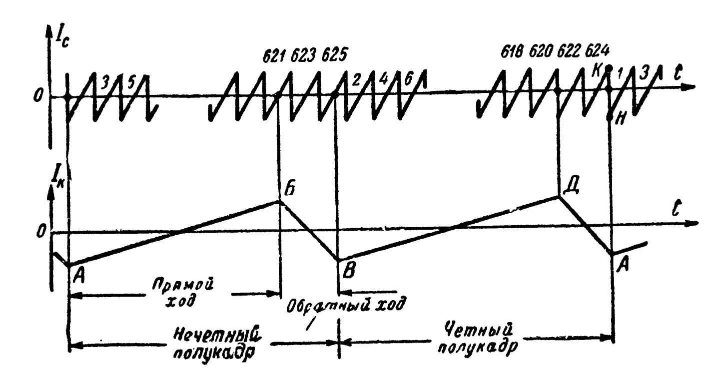


Рис. 1-13. Соотношение периодов кадровой и строчной развертки.

строчный генератор сформирует несколько циклов строчной развертки. При этом надо подобрать длительность кадрового обратного хода так, чтобы в конце его луч оказывался в строго определенном месте. Из рис. 1-7 следует, что не важно, каков будет путь луча во время обратных ходов по кадрам. Для правильной чересстрочной развертки важно лишь, чтобы начала и концы полукадров располагались в определенных местах (точках *А*, *Б*, *В*, *Д* на рис. 1-7).

Так как во время обратного хода по кадрам строчный генератор продолжает работать, не изменяя частоты колебаний, то при возвращении луча снизу вверх на экране кинескопа будут прочерчиваться строки. Чтобы эти строки обратного хода по кадрам не мешали изображению, их гасят, подавая специальные запирающие импульсы на катод трубки.

Рассмотрим рис. 1-13. Длительность обратного хода по кадрам здесь такова, что за это время строчный генератор совершает два полных цикла (два прямых и два обратных хода). В момент времени *Б* луч находится на середине нижней 621-й строки. Сделав два полных строчных цикла, луч переместится снизу вверх и попадет в точку *В*, также лежащую на середине верхней строки. В момент времени *Д* луч заканчивает прочерчивание четного полукадра и находится в конце 620 строки; совершив опять два строчных цикла, луч из точки *Д* попадает в начало первой строки, в точку *А*.

Так как на рис. 1-13 обратные ходы по строкам еще показаны идеализированными, то возникает некоторая неопределенность: нельзя точно сказать, где находится луч в моменты времени *А* и *Д*. Действительно, исходя из рис. 1-13, можно одинаково утверждать, что луч в момент *А* находится в начале первой строки или в конце 624-й. Точка *К* соответствует концу 624-й строки, а точка *Н* — началу 1-й строки. Однако обе точки *К* и *Н* соответствуют одному моменту времени *А*. На практике эта неопределенность устраняется вследствие того, что обратный ход по строке происходит в течение конечного интервала времени.

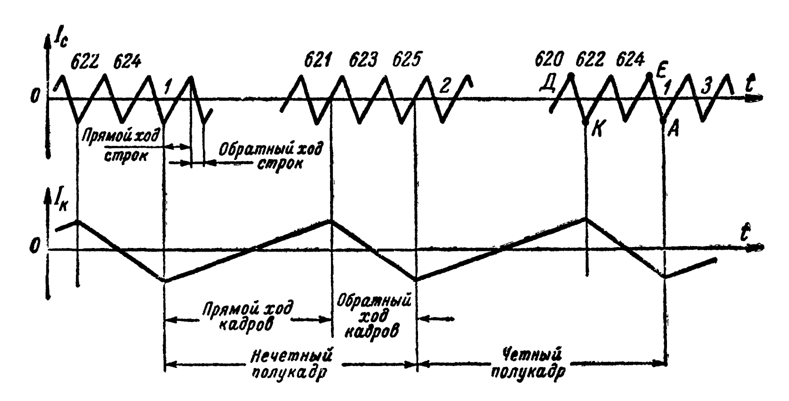


Рис. 1-14. Реальные пилообразные отклоняющие токи.

На рис. 1-14 показаны реальные пилообразные кадровые и строчные токи с обратными ходами, длящимися некоторое время, а не мгновенными. Та неопределенность, о которой мы говорили выше, устранена, однако имеется одна особенность, связанная с моментом окончания прямого хода четного полукадра.

Последняя 620-я строка прямого хода четного полукадра заканчивается в момент времени *Д*. Если обратный ход по кадрам будет продолжаться ровно два строчных цикла, то конец обратного хода по кадрам придется на точку *Е*, которая соответствует концу 624 строки, т. е. правому краю изображения. Однако нужно, чтобы луч был в точке *А*, т. е. в начале первой строки. Таким образом, необходимо, чтобы луч закончился в конце строки и в результате обратного хода попал в начало строки. Ясно, что если число циклов обратного хода целое, например равно 2, то это невозможно реализовать. Непременно нужно, чтобы имелся еще полуцикл (либо лишний обратный ход по строкам, либо лишний прямой ход по строкам). Но тогда длительности обратных ходов после четного и нечетного ходов были бы неодинаковыми, что очень неудобно и не обеспечивало бы стационарную работу кадрового генератора. Поэтому поступают так: прямой ход четного полукадра заканчивают не в конце последней строки, как было изображено на рис. 1-7, а дают строчной развертке совершить еще обратный ход до точки *К*

(рис. 1-15). Теперь количество строк (прямых и обратных) во всех полях следующее: поле нечетных строк прямого хода по кадрам (рис. 1-15, *а*) содержит 310,5 строк прямого хода и 310 строк обратного хода (штриховые линии); поле четных строк во время прямого хода содержит также 310,5 прямых строк, но уже 311 обратных строк (рис. 1-15,*б*); поле обратного хода после нечетного полукадра (рис. 1-15, *в*) содержит две строки прямого хода и две строки обратного хода; такое же количество строк содержит поле строк об-

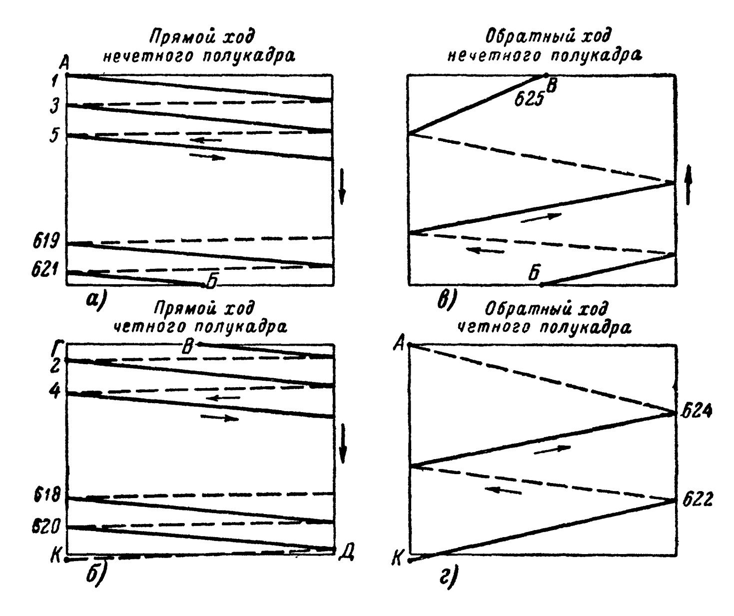


Рис. 1-15. Последовательные этапы формирования прямых и обратных ходов разверток.

ратного хода после четного полукадра. Если теперь сложить число прямых и обратных строк в каждом поле, то мы получим 625 прямых и обратных строк.

Из приведенного рассмотрения понятно, что для формирования правильной чересстрочной развертки приходится потратить некоторое количество строк для образования обратного хода по кадрам. В данном случае растр будет состоять из 621 строки, так как четыре строки израсходованы на обратные ходы по кадрам. Практически еще большее число строк пропадает для прямого хода из-за инерционности разверток и невозможности получения быстрого обратного хода по кадрам.

Из рис. 1-14 и 1-15 можно сделать вывод, что длительность обратных ходов не влияет на качество чересстрочной развертки. Важ-

но лишь, чтобы к концу обратного хода полукадров луч попадал в определенное место экрана.

Если мысленно наложить все циклы образования растра, показанные на рис. 1-15, то получим полный растр с чересстрочной разверткой.

Какова же должна быть форма синхронизирующего сигнала для получения такой развертки?

1-9. ФОРМА СИГНАЛОВ СИНХРОНИЗАЦИИ

Прежде чем перейти к рассмотрению формы сигналов синхронизации телевизионного изображения, рассмотрим вопрос о так называемых гасящих сигналах. Если у работающего телевизора увеличить яркость, то можно заметить, что по всем четырем сторонам изображения появятся серые полосы, которые становятся черными при уменьшении яркости до нормальной. Это защитные полосы, позволяющие получить правильную форму растра и закрыть от зрителя всевозможные неровности растра, возникающие в самих телевизорах.

В телевизионном сигнале имеются специальные импульсы, которые называются гасящими. Эти импульсы запирают кинескоп на время обратных ходов по строкам и кадрам. Гасящие импульсы имеют уровень, соответствующий уровню черного в изображении. В телевизионных стандартах, принятых в СССР и многих других странах, используется так называемый негативный сигнал. При этом выполняется такое условие: чем больше по абсолютной величине напряжение видеосигнала, тем меньше уровень яркости на изображении. Передача негативного сигнала имеет преимущества в отношении помехоустойчивости канала изображения. Сильные импульсные помехи оказываются при передаче негативного сигнала в области черного и создают на экране кинескопа черные точки, которые менее заметны для глаза, чем яркие, светлые. Для создания нормального (позитивного) изображения негативный сигнал подается в цепь сетка — катод кинескопа в такой полярности, что сильный сигнал, соответствующий уровню черного, вызывает запирание трубки, а малый по амплитуде сигнал, соответствующий уровню белого, вызывает увеличение яркости изображения. Если передаются напряжения большие, чем уровень гасящих импульсов, то на экране кинескопа они видны не будут, так как кинескоп при этом заперт. Это обстоятельство используется для того, чтобы сигналы синхронизации передавать с помощью импульсов, уровень которых «чернее черного», т. е. амплитуды синхронизирующих импульсов больше, чем амплитуды гасящих импульсов. На рис. 1-16 показана часть видеосигнала со строчными гасящим и синхронизирующим импульсами. Длительность синхронизирующего импульса несколько меньше длительности гасящего, кроме того, он расположен несимметрично. Обратный ход по строкам должен начаться и завершиться в течение времени действия гасящего импульса, т. е. за время $t_к—t_н$. В этом случае обратный ход луча не будет виден на экране кинескопа.

Если длительность обратного хода по строкам меньше, чем длительность гасящего импульса, то с правой и левой сторон растра образуются затемненные защитные полоски. Защитные полоски будут с обеих сторон растра, если обратный ход начнется после момента

времени $t_к$, а закончится до момента времени $t_н$. Идеальным был бы такой случай, когда весь обратный ход по строкам произошел бы в течение времени действия синхронизирующего импульса. Однако на практике это происходит редко, так как импульсы синхронизации, как правило, управляют лишь моментом начала обратного хода. Конец же обратного хода по строкам определяется схемой телевизора и параметрами строчного генератора.

Таким образом, в течение времени между моментом $t_к$ и передним фронтом синхроимпульса *1* луч заканчивает прочерчивание строки, но кинескоп при этом заперт. В момент переднего фронта синхро-

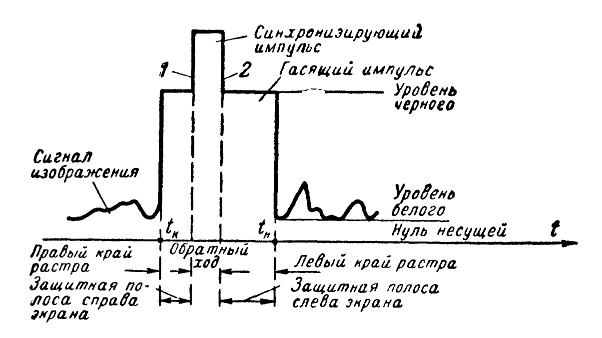


Рис. 1-16. Особенности гасящего и синхронизирующего импульсов.

импульса *1* прекращается прямой ход по строке, и строчный генератор переходит в режим обратного хода. Строчный генератор переводит луч к левому краю растра. Если обратный ход завершится до момента времени $t_н$, то с левого края растра также образуется защитная полоска. Дойдя до левого края растра, луч начинает совершать прямой ход.

Итак синхросигналы управляют лишь моментом начала обратного хода по строкам.

Аналогичную структуру имеют гасящие и синхронизирующие импульсы кадров. Так как во время обратного хода по кадрам строчная развертка должна продолжать непрерывно работать, то при передаче кадровых гасящих сигналов передаются также и строчные синхронизирующие импульсы. Очевидно, что когда передаются длинные кадровые гасящие импульсы, то нет надобности отдельно передавать строчные гасящие импульсы, так как кинескоп все равно заперт. На рис. 1-17, *а* в упрощенном виде показана часть видеосигнала с кадровым гасящим и строчными синхронизирующими импульсами. Обратный ход по кадрам должен произойти в течение времени действия кадрового гасящего импульса. На этом рисунке пока что не показан импульс синхронизации по кадрам.

Длительность кадрового гасящего импульса такова, что на нем размещается до 25 строчных синхронизирующих импульсов. Таким образом, для изображения будет потеряно примерно 50 строк. Если во время телевизионной передачи подсчитать число строк в растре

при нормальной яркости, то их окажется всего около 575. Однако это не означает, что полоса пропускания телевизионного канала может быть уменьшена, так как весь растр все же состоит из 625 строк, 50 из которых не видны (они развертываются во время обратного хода развертки).

Так как полный телевизионный видеосигнал вместе с гасящими импульсами подается на кинескоп для модуляции луча, то нет надобности выделять гасящие импульсы из общего сигнала.

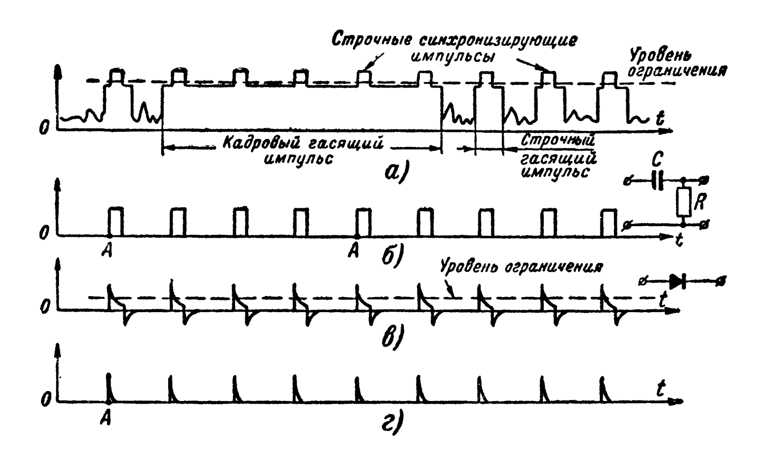


Рис. 1-17. Процесс амплитудной селекции синхросигнала и дифференцирования.

Импульсы же синхронизации надо выделить из полного телевизионного сигнала и направить к соответствующим генераторам разверток.

На рис. 1-17, *б* показан выделенный сигнал синхронизации по строкам. Это последовательность равноотстоящих импульсов. Как было установлено, запуск строчного генератора должен происходить в момент переднего фронта *А* синхроимпульса.

Следовательно, в телевизоре должно быть устройство, способное воспроизвести передний фронт синхроимпульсов в виде узких импульсов, что легко осуществляется с помощью так называемой дифференцирующей цепочки, составленной из конденсатора и сопротивления.

На выходе такой цепочки, как показано на рис. 1-17, *в*, образуется последовательность импульсов, соответствующих и передним и задним фронтам синхроимпульсов. Для синхронизации нужны только передние фронты. С помощью схемы отсечки (ограничителя) можно выделить эти импульсы (рис. 1-17, *г*) и направить их для синхронизации строчного генератора.

Особенность цепочки *RC*, показанной справа на рис. 1-17, *б*, состоит в том, что положительные импульсы на ее выходе образуются лишь от положительных перепадов напряжения, как, например, от

положительных фронтов *А*. Сама полярность импульса не имеет значения. Например, для импульсов, показанных на рис. 1-18,*а* и *б*, на выходе дифференцирующей цепочки положительные всплески *А* произойдут от задних фронтов входных импульсов, так как эти фронты представляют собой положительные перепады напряжения. Это свойство дифференцирующих цепей позволяет образовать импульс синхронизации по кадрам такой, что работа строчного генератора не будет нарушена.

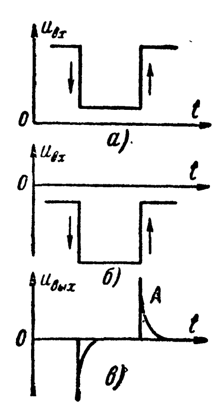


Рис. 1-18. Процесс дифференцирования импульсов.

Теперь определим, какова должна быть форма кадрового синхронизирующего сигнала. Этот сигнал должен быть таким, чтобы в конце нечетного полукадра прямой ход кадровой развертки прекращался на середине нижней строки, а в конце четного полукадра — в начале последней строки. Для образования защитных полос сверху и снизу растра необходимо, чтобы время обратного хода по кадрам было меньше длительности кадрового гасящего импульса, а обратный ход по кадрам должен начинаться несколько позднее переднего фронта гасящего импульса. Кроме того, необходимо, чтобы в течение времени передачи кадрового импульса синхронизации также передавались импульсы синхронизации по строкам.

На рис. 1-19 показана форма видеосигнала с кадровым гасящим импульсом и кадровым импульсом синхронизации *1*. Отличие этого сигнала от показанного на рис. 1-17 состоит в том, что вместо узких строчных синхроимпульсов здесь располагается широкий им-

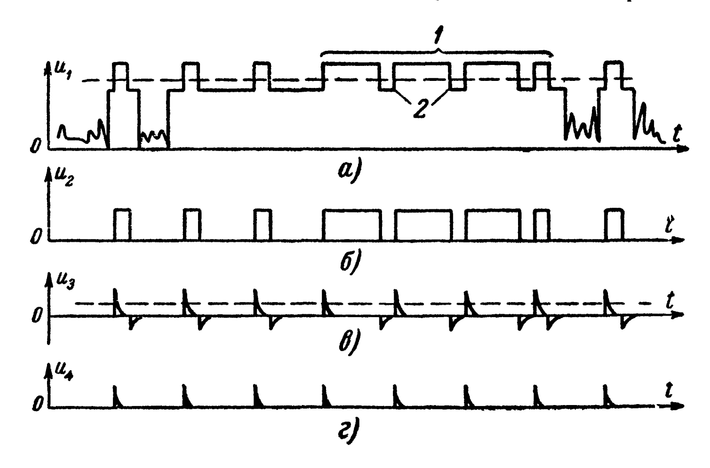


Рис. 1-19. Процесс дифференцирования сложного сигнала синхронизации.

пульс *1*, прорезанный так называемыми «врезками» *2*. Длительности этих врезок и их положение таковы, что удается выделить как импульс синхронизации по кадрам, так и импульсы для синхронизации строчного генератора С помощью схемы селекции синхросигнала выделяется сначала полный синхросигнал (рис. 1-19,*б*), который подается затем на дифференцирующую цепочку. Все положительные перепады синхросигнала (положительные фронты) дадут на выход дифференцирующей цепочки положительные всплески (рис. 1-19, *в*), которые затем отделяются с помощью схемы отсечки. Таким образом, строчный синхросигнал сформирован (рис. 1-19, *г*).

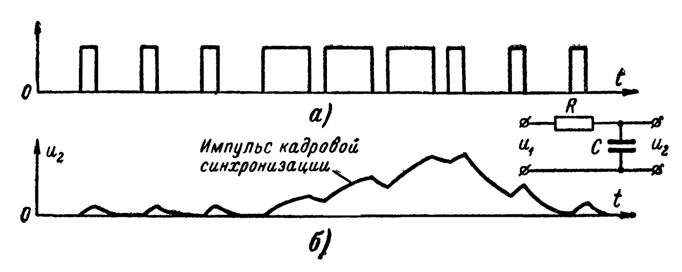


Рис. 1-20. Формирование импульсов кадровой синхронизации путем интегрирования синхросигнала.

Широкий импульс 1 (рис. 1-19, *а*) можно использовать для формирования кадрового импульса синхронизации. Для этого он подается на такую цепочку *RC* (рис. 1-20), особенность которой состоит в том, что выходное напряжение нарастает пропорционально длительности импульса (за счет инерционных свойств конденсатора *C*). Такая цепочка как бы сглаживает импульс *1* и «ликвидирует» врезки *2*. Форма кадрового сигнала синхронизации (рис. 1-20, *б*), не такая четкая, как у строчных импульсов, но практически этого достаточно. Импульс кадровой синхронизации должен прекращать прямой ход по кадрам либо в начале, либо в середине строки (в конце нечетного полукадра), поэтому в форму сигнала синхронизации, изображенного на рис. 1-19, вносят некоторые изменения.

Окончательная форма полного телевизионного сигнала показана на рис. 1-21. Отличие этого сигнала от предыдущих состоит во введении импульсов двойной строчной частоты, расположенных до и после кадрового синхроимпульса. Это необходимо, чтобы строчный синхроимпульс получался в момент середины строки. Врезки в кадровом синхроимпульсе также следуют в два раза чаще, чем строчные импульсы.

Временно́е расстояние между последним импульсом строчной синхронизации и передним фронтом импульсов кадровой синхронизации различно для обоих полукадров. Это расстояние отличается на половину длительности строки, что и требуется для правильного чересстрочного разложения.

Однако если теперь подать такой синхросигнал на дифференцирующую цепочку, то возникнут «лишние» импульсы двойной строчной частоты. На рис. 1-22 стрелками показаны моменты времени синхро-

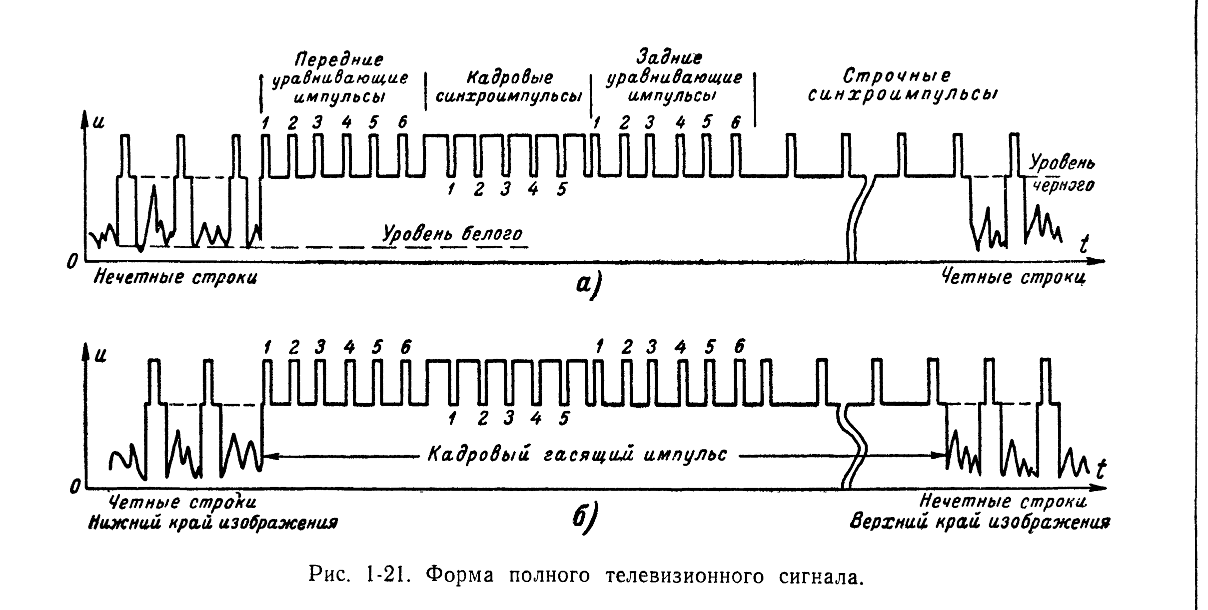


Рис. 1-21. Форма полного телевизионного сигнала.

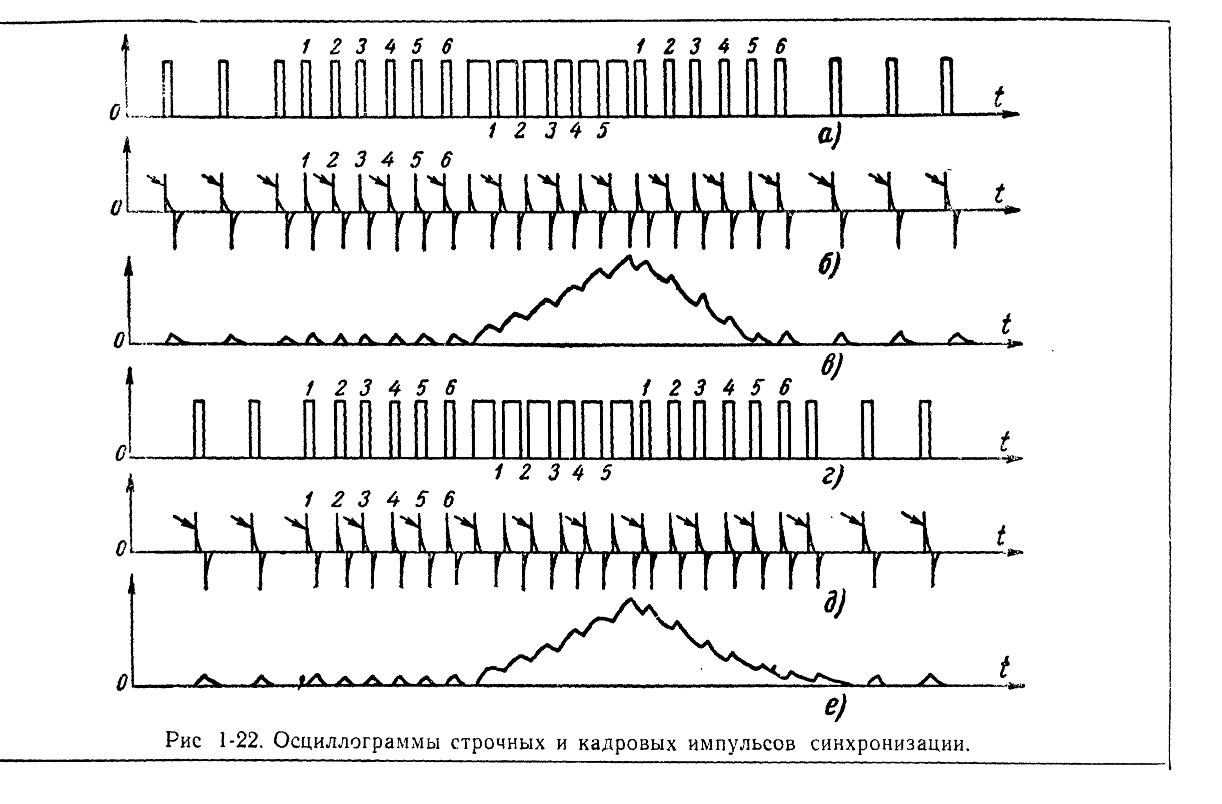


Рис 1-22. Осциллограммы строчных и кадровых импульсов синхронизации.

низации по строкам. Вследствие особенностей схем строчного генератора, которые будут рассмотрены ниже, «лишние» импульсы не вызывают никаких неприятностей, и строчная развертка запускается только теми импульсами, которые помечены стрелками.

Кадровый импульс синхронизации (рис. 1-22, *д* и *е*) формируется при помощи интегрирующей цепи; так как врезки теперь следуют чаще, то этот импульс будет иметь меньше «зазубрин» и будет более четко запускать кадровую развертку. Передние и задние выравнивающие импульсы, показанные на рис. 1-21, предназначены для улучшения работы кадровой синхронизации.

1-10. ХАРАКТЕРИСТИКИ СИГНАЛОВ ЗВУКОВОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПЕРЕДАЧ

Теперь рассмотрим основные характеристики сигналов звукового сопровождения телевизионных передач.

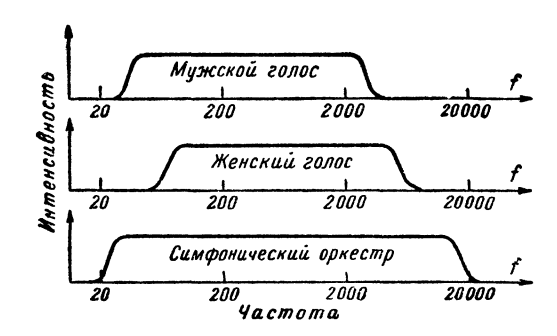


Рис. 1-23. Ширина спектра некоторых звуков.

Мы видели, что информация о передаваемом изображении содержится в законе изменения огибающей высокочастотного сигнала несущей частоты. В отличие от этого амплитуда несущего колебания при передаче сигналов звукового сопровождения неизменна, а информация о звуковом сопровождении содержится в изменении несущей частоты по определенному закону. Другими словами, в канале передачи звукового сопровождения осуществляется частотная модуляция радиосигнала.

Звуковой сигнал характеризуется двумя параметрами: формой спектра и громкостью.

Форма спектра определяется самим характером передачи. Например, речь диктора-мужчины может быть представлена рядом гармоник, занимающих полосу частот в пределах примерно от 50 *гц* до 2—3 *кгц*. Звучание большого симфонического оркестра имеет спектр, простирающийся от 20—30 *гц* до 10—15 *кгц* (рис. 1-23). Каким же образом передаются эти две характеристики звука (громкость и спектр) при частотной модуляции?

Сам характер звучания, определяемый шириной спектра, передается путем изменения частоты модуляции. Например, чтобы при частотной модуляции передать звуковой сигнал частоты 50 *гц*, необходимо 50 раз в секунду изменять частоту несущего колебания. На рис. 1-24 показаны высокочастотные сигналы, модулированные по амплитуде *б* и частоте *в*. При частотной модуляции время полного изменения несущей частоты равно длительности периода модуляции. Если частота модуляции увеличивается, то соответственно увеличивается и скорость изменения несущей частоты.

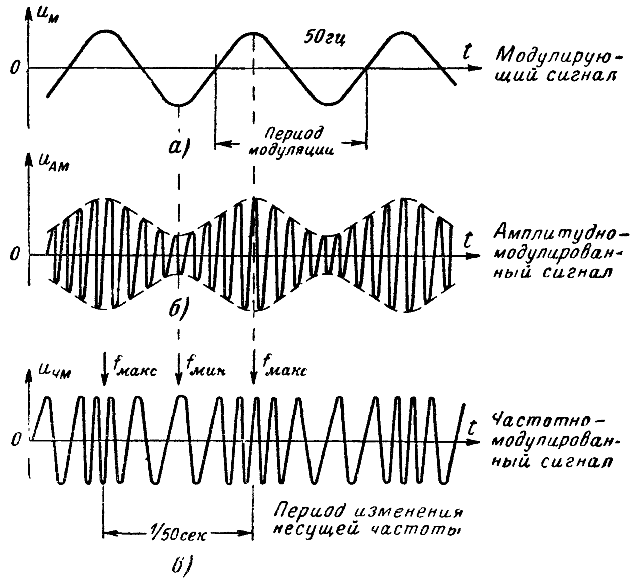


Рис. 1-24. Модулирующий процесс (*а*), амплитудно- (*б*) и частотно-модулированные колебания (*в*).

При амплитудной модуляции пределы изменения амплитуды зависят от громкости звука (рис. 1-25, *б*), а при частотной модуляции от громкости зависит диапазон изменения частоты или максимальное отклонение частоты высокочастотного колебания от среднего значения (рис. 1-25, *в*).

Применение частотной модуляции в канале звукового сопровождения позволяет более удачно решить ряд технических задач. Во-первых, передача с применением частотной модуляции более помехоустойчива. Действительно, как правило, помехи, добавляясь к принятому сигналу, изменяют его амплитуду. Но при частотной модуляции амплитуда несущей не имеет значения, поскольку передаваемая информация заложена в изменении частоты. Поэтому в приемниках можно применять устройства для ограничения амплитуды, т. е. «срезать» все изменения амплитуды.

Во-вторых, это позволяет построить звуковой канал с использованием биений несущих колебаний звука и изображения. Это, как будет видно в следующей главе, даст значительное улучшение параметров звукового канала, а в некоторых случаях это единственно возможный способ построения высокочастотных каскадов звукового канала телевизора. Кроме того, применение частотной модуляции позволяет передавать звук высокого качества с шириной спектра в пределах от 30 до 15 000 *гц*. Это трудно было бы сделать при амплитудной модуляции из-за сравнительно меньшей ее помехоустойчивости.

При амплитудной модуляции ширина спектра высокочастотного колебания удваивается по сравнению с шириной спектра модулирующего колебания; при амплитудной модуляции появляются две боковые полосы частот. При частотной модуляции также появляются две боковые полосы, но ширина спектра модулированного колебания увеличивается более чем в 2 раза. В системах телевизионного вещания для передачи сигналов звукового сопровождения отводится канал шириной 0,25 *Мгц*. Кстати отметим, что частотную модуляцию несущей можно было бы применить также и в канале изображения. Однако полоса частот, занимаемая таким сигналом, была бы равна примерно 50—70 *Мгц*, что нерационально, так как число каналов в УКВ диапазоне резко уменьшилось бы. Для передач телевизионных сигналов от передвижных установок на телецентр и в радиорелейных линиях используется также частотная модуляция, несмотря на то, что эти передачи ведутся в диапазоне сантиметровых волн В этом диапазоне можно допустить большую ширину спектра сигнала. На рис. 1-10 показано расположение спектра сигнала звукового сопровождения и спектра сигналов изображения. Разность несущих частот изображения и звука равна 6,5 *Мгц*, причем эта разность несущих частот формируется на телевизионном передатчике и поддерживается с очень высокой точностью.

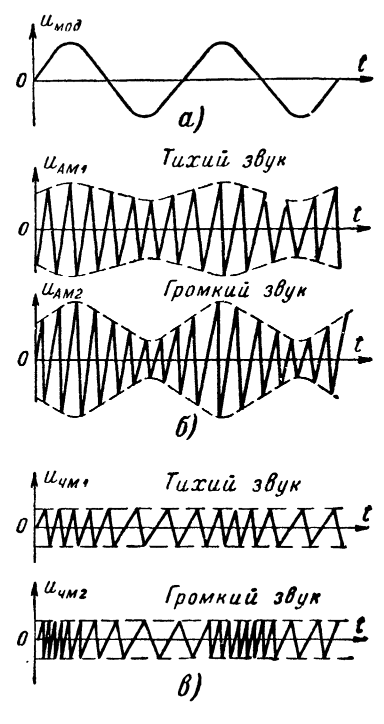


Рис. 1-25. Соотношения между громкостью звука и девиацией частоты.

Мощность передатчика звукового сопровождения в 2—4 раза меньше мощности передатчика сигналов изображения. Это объясняется повышенной помехоустойчивостью передач с частотной модуля-

цией и уменьшением ширины спектра по сравнению со спектром сигнала изображения.

Для нормального телевизора дальность действия по звуковому сопровождению и по передаче изображения будет одинакова, несмотря на меньшую мощность передатчика звукового сопровождения.

1-11. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ КАНАЛОВ

В заключение приведем основные параметры современных телевизионных каналов.

Разность между несущими частотами сигналов изображения и звукового сопровождения	6,5 *Мгц*	Для любого телевизионного канала
Ширина канала передачи телевизионного сигнала	7,6 *Мгц*	
Ширина канала звукового сопровождения	0,25 *Мгц*	
Общая ширина радиоканала телевизионной системы	8 *Мгц*	
Тип модуляции сигналов изображения	Амплитудная	
Тип модуляции сигналов звукового сопровождения	Частотная	
Соотношение между максимальной и минимальной мощностью сигнала изображения	12,5:1	Этот параметр характеризует глубину амплитудной модуляции несущей изображения
Максимальное отклонение несущей частоты звукового сопровождения, соответствующее наиболее громкому звуку	50 *кгц*	Этот параметр характеризует «глубину» частотной модуляции
Полное число строк в кадре	625	В четном и нечетном полукадрах по 312,5 строк
Видимое число строк в синхронизированном растре	575	Это число может несколько изменяться в зависимости от качества работы кадровой развертки телевизора
Частота строк	15 625 *гц*	
Частота смены полукадров	50 *гц*	
Частота смены полных кадров	25 *гц*	

Направления движения луча кинескопа при развертке во время прямых ходов		Если смотреть на экран кинескопа
по строкам	Слева направо	
по кадрам	Сверху вниз	
Формат изображения (отношение ширины изображения к его высоте)	4:3	
Полярность модуляции несущей изображения	Негативная	Это означает, что более темным местам изображения соответствуют большие мощности передаваемого сигнала
Уровень гасящего сигнала	Постоянный	При изменении характера передаваемого изображения мощность сигналов, соответствующих уровню черного, не изменяется
Соотношение между мощностями сигналов изображения и звукового сопровождения	от 2:1 до 4:1	
Поляризация радиоволн, излучаемых передатчиками изображения и звука	Горизонтальная	

Данные о несущих частотах каналов изображения приведены в главе второй на рис. 2-1.

Глава вторая

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ТЕЛЕВИЗОРА

2-1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ КАНАЛОВ

В первой главе были рассмотрены основные характеристики телевизионных сигналов.

В телевизоре принятые сигналы претерпевают целый ряд изменений и преобразований, в результате которых происходит разделение трех основных составляющих сигнала: сигналов изображения, синхронизации и звукового сопровождения.

Мы видели, что ширина спектра частот, занимаемого сигналами одного телевизионного канала, составляет 8 *Мгц*, при этом разность

между несущими частотами изображения и звука равна 6,5 *Мгц*. На все современные телевизоры возможно принимать телевизионные передачи в любом из двенадцати каналов. Для чего это нужно? Ведь в одном городе или в одном месте передачи не ведутся на всех 12 каналах. Например, в Москве, Киеве, Ленинграде ведется двухпрограммное телевизионное вещание, а в тех районах, где можно принимать сигналы двух телецентров, далеко отстоящих друг от друга, желательно чтобы принимаемые сигналы имели различные частоты. Если же несущие частоты этих передатчиков будут одинаковы, то возмож-

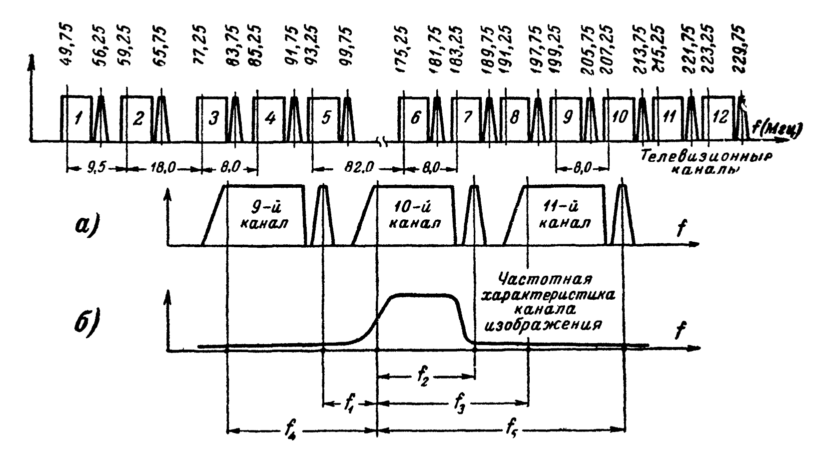


Рис. 2-1. Распределение телевизионных каналов на частотной шкале.

ны сильные взаимные помехи и нормальный прием сигналов этих передатчиков окажется невозможным. Поэтому несущие частоты телевизионных передатчиков, образующих передающую телевизионную сеть страны, выбираются с учетом требования минимальных взаимных помех.

На рис. 2-1, *а* показано размещение частот телевизионных каналов на частотной шкале. Из рисунка видно, что частоты соседних каналов могут быть весьма близки друг к другу, вследствие чего возникает необходимость ослабления (подавления) ряда частот в радиоканале телевизора для устранения взаимных помех между отдельными передатчиками.

Рассмотрим случай, когда ведется прием, например, на десятом телевизионном канале. Спады частотной характеристики канала изображения телевизора могут простираться довольно далеко как в область более высоких частот, так и в область более низких частот (рис. 2-1, *б*). На пологих склонах частотной характеристики возможен прием мешающих сигналов.

Так, например, при работе на десятом канале мешающими сигналами, приводящими к ухудшению качества изображения, могут быть следующие:

несущая частота звукового сопровождения соседнего более низкочастотного передатчика (9-й канал, 205, 75 *Мгц*);

собственная несущая частота звукового сопровождения (213, 75 *Мгц*);

несущая частота изображения соседнего более высокочастотного передатчика (215, 25 *Мгц*);

несущая частота изображения соседнего более низкочастотного передатчика (199, 25 *Мгц*);

несущая частота звукового сопровождения соседнего более высокочастотного передатчика (221, 75 *Мгц*).

Помимо этих пяти частот, будут проникать также и другие частоты спектров соседних каналов, однако основная доля энергии передатчика концентрируется вблизи несущих частот, поэтому достаточно учесть проникание именно несущих. Несущие частоты остальных каналов (не соседних) можно не учитывать, так как они будут ослаблены достаточно сильно вследствие значительной их удаленности по частоте.

Из рис. 2-1, *а* видно, что для разных каналов мешающие частоты не одинаково удалены от несущей частоты изображения. Например, разность частот f_1 между несущей изображения данного канала и несущей звука предыдущего канала для второго канала составляет 3 *Мгц*, а та же разность для десятого канала равна 1,5 *Мгц*.

Насколько же должно быть уменьшено усиление мешающих частот в канале изображения, чтобы эти помехи не влияли на качество изображения? Опытным путем можно, например, установить, что если при передаче изображения испытательной таблицы размах видеосигнала на входе кинескопа составляет 30 *в*, то помеха синусоидальной формы становится заметной на экране кинескопа, если она создает на его входе напряжение всего в 30 *мв* (милливольт). Таким образом, если два соседних по частоте передатчика создают на входе телевизора одинаковые по интенсивности сигналы, то мешающий сигнал в цепях приемника должен быть ослаблен не менее, чем в 1 000 раз. В разделе, посвященном описанию различных схем усилителей промежуточной частоты, будут подробно рассмотрены способы получения необходимого ослабления мешающих частот. Это ослабление, как правило, осуществляется на промежуточной частоте, которая одинакова для любого канала телевизора. Если же вводить ослабление мешающих частот в высокочастотных каскадах телевизора, то потребовалось бы большое количество фильтрующих устройств (соответственно количеству мешающих частот).

Теперь определим те частоты, на которых могут проникать в данный телевизионный канал сигналы соседних станций. Чтобы не иметь дело с большим количеством частот для всех каналов, запишем лишь возможные значения разностей между мешающими частотами и соответствующими несущими частотами (знак «+» перед разностью показывает, что мешающая частота выше соответствующей несущей частоты изображения принимаемого канала, знак «—» показывает, что она ниже несущей). Исходя из данных, приведенных на рис. 2-1, *а*, получим: —1,5; —3,0; —8,0; —9,5 *Мгц*; +6,5; +8,0; +9,5; +14,5 *Мгц*.

Эти цифры понадобятся нам при обосновании формы частотной характеристики канала изображения.

Помехи возникают и по звуковому каналу. Однако практически звуковой канал меньше подвержен влиянию помех, так как у него по-

лоса значительно уже и поэтому он имеет лучшую избирательность. Кроме того, в канале звукового сопровождения используется частотная модуляция (ЧМ), которая более помехоустойчива, чем амплитудная. Основная мера защиты звукового канала от помех состоит в том, чтобы ограничить амплитуду звукового сигнала перед частотным детектором.

2-2. СУПЕРГЕТЕРОДИННАЯ СХЕМА В ТЕЛЕВИЗОРАХ

В настоящее время во всех телевизорах радиоканалы изображения и звукового сопровождения строятся по супергетеродинным схемам, так же как и все радиовещательные приемники. Повсеместное применение супергетеродинной схемы в телевизорах объясняется тем, что только при такой схеме можно сравнительно легко получить многоканальность телевизора, т. е. возможность приема любого из 12 телевизионных каналов и получить значительное устойчивое усиление сигналов в каналах изображения и звука (в 3—6 млн. раз).

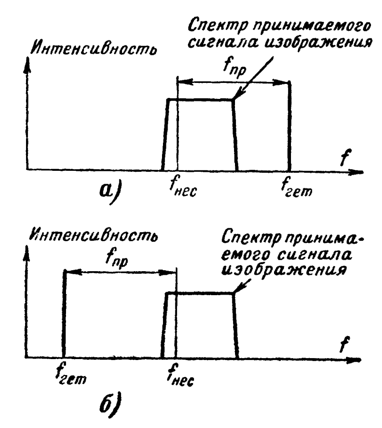


Рис. 2-2. Возможные соотношения между частотами гетеродина и сигнала.

Важное преимущество применения супергетеродинной схемы в телевизорах состоит также в том, что частотные и фазовые характеристики для всех телевизионных каналов оказываются одинаковыми. Это достигается тем, что общий для всех каналов усилитель промежуточной частоты (УПЧ) делается более узкополосным, чем отдельные для каждого канала усилители высокой частоты (УВЧ), следовательно, общая характеристика определяется, в основном, усилителем промежуточной частоты.

И, наконец, в супергетеродинных каналах легко удается подавить мешающие частоты соответствующей настройкой УПЧ.

Частота гетеродина, как известно, может быть либо выше, либо ниже несущей частоты. На рис. 2-2, *а* и *б* показано взаимное положение спектра принимаемого сигнала и частоты гетеродина для первого и второго случаев. В обоих случаях промежуточная частота $f_{пр}$ определяется как разность несущей частоты передаваемого сигнала $f_{нес}$ и частоты гетеродина $f_{гет}$. Выбор частоты гетеродина в значительной степени определяется значением промежуточной частоты. В первой главе мы видели, что для более правильного воспроизведения видеосигнала, имеющего довольно широкую полосу частот, необходимо чтобы несущая частота была как можно больше по сравнению с полосой частот видеосигнала. То же самое относится и к промежуточной частоте. В результате ряда исследований установлены и рекомен-

дованы наиболее целесообразные промежуточные частоты: промежуточная частота канала звукового сопровождения 27,75 *Мгц*, промежуточная частота канала изображения 34,25 *Мгц*. Разность между ними должна быть равна 6,5 *Мгц* (как и по высокой частоте). Указанные промежуточные частоты определяют частоту гетеродина. Чтобы найти частоту колебаний гетеродина, надо к несущей частоте канала прибавить соответствующую промежуточную частоту (например, для первого канала $f_{\text{гет}}$ =49,75 *Мгц*+34,25 *Мгц*=84 *Мгц*). При этом частота гетеродина оказывается выше несущей частоты, что соответствует случаю, показанному на рис. 2-2,*а*. Можно было бы

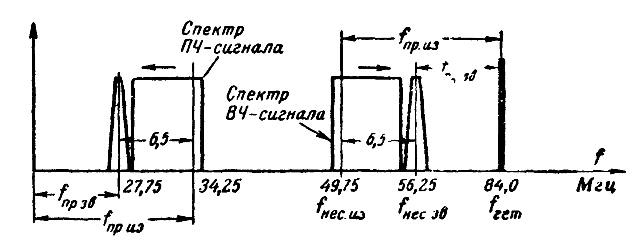


Рис. 2-3. Процесс обращения спектра при гетеродинировании.

частоту гетеродина определить и как разность между несущей и промежуточной частотами. В этом случае для первого канала промежуточная частота оказалась бы равной 15,5 *Мгц*, что соответствует случаю показанному на рис. 2-2,*б*. Это менее удобно, так как при более низких частотах затрудняется перестройка частоты гетеродина в необходимых пределах.

В процессе преобразования телевизионного сигнала в промежуточную частоту происходит преобразование спектра, которое в вещательных радиоприемниках не имеет никакого значения, а в телевизорах очень существенно. На рис. 2-3 показано, как «поворачивается» по оси частот спектр сигнала в УПЧ по сравнению со спектром принятого сигнала (на примере сигналов первого телевизионного канала). После преобразователя промежуточная частота сигнала звукового сопровождения (27,75 *Мгц*) оказывается ниже промежуточной частоты сигналов изображения (34,25 *Мгц*), в то время как до преобразования несущая частота звукового сопровождения (56,25 *Мгц*) была выше несущей частоты сигналов изображения (49,75 *Мгц*). «Поворот» спектра на оси частот объясняется тем, что промежуточная частота $f_{\text{пр}}$ получается как разность между частотой гетеродина и частотой сигнала (изображения или звука).

2-3. ЧАСТОТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УПЧ КАНАЛА ИЗОБРАЖЕНИЯ

Форму частотной характеристики усилителя промежуточной частоты необходимо выбрать так, чтобы скомпенсировать избыток сигнала низких частот, который получается в результате неполного подавления нижней боковой полосы (см. гл. 1) и уменьшить усиление

на некоторых вполне определенных частотах, чтобы предотвратить проникание мешающих сигналов. Все основные параметры УПЧ остаются постоянными при перестройке телевизора на прием различных каналов. Поэтому, говоря о частотной характеристике УПЧ, следует учитывать, что она не изменяется, на каком бы канале ни работал телевизор. Основное усиление приемника сосредоточено в каскадах УПЧ. Форма частотной характеристики УПЧ в основном определяет форму частотной характеристики всего приемника.

Прежде всего рассмотрим вопрос о форме наклона частотной характеристики УПЧ в области промежуточной частоты сигналов изображения $f_{\text{пр.из}}$. Мы говорили о том, что для сокращения ширины полосы частот, занимаемой телевизионным каналом, передача ведется

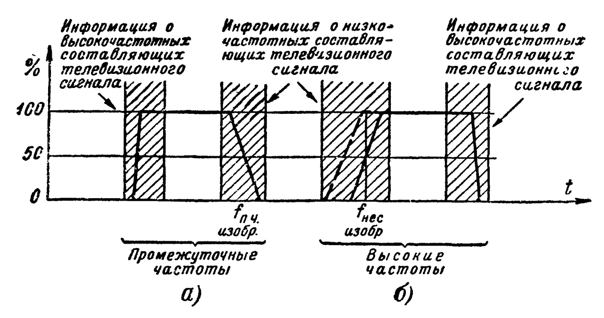


Рис. 2-4. Скат частотной характеристики канала изображения в области несущей.

с частично подавленной нижней боковой полосой (рис. 1-10). То, что нижняя боковая полоса подавлена лишь частично, создает как бы некоторый избыток энергии частот, близких к несущей. При детектировании такого сигнала будут искажения в изображении, определяемые избытком энергии сигнала низких частот. Чтобы устранить этот дефект, частотная характеристика УПЧ формируется так, чтобы уменьшить интенсивность сигналов низких частот. На рис. 2-4, *а* сплошной линией показана форма частотной характеристики всего канала изображения (со входа телевизора), а штриховой — частотная характеристика передатчика. Частотная характеристика приемного канала на несущей частоте сигнала изображения должна проходить на уровне 0,5. При соответствующем наклоне этого спада создается своеобразная компенсация избытка энергии частот, близких к несущей частоте сигнала изображения.

Частотная характеристика УПЧ должна быть такой же, как и частотная характеристика всего канала, только зеркально перевернутой. На рис. 2-5 показана характеристика УПЧ канала изображения. При этом пологий спад уже находится с правой стороны по оси частот.

При определении формы частотной характеристики УПЧ необходимо также учесть, что сигнал с частотой, равной разности промежуточных частот сигналов звукового сопровождения и изображения

(6,5 *Мгц*), может создавать помеху в канале изображения. Если на кинескоп попадает сигнал частоты 6,5 *Мгц*, то весь экран покрывается неприятной мелкой сеткой, ухудшающей четкость изображения. Чтобы после детектора не образовывался сигнал разностной частоты 6,5 *Мгц*, следует уменьшить возможность попадания в канал изображения сигнала промежуточной частоты канала звукового сопровождения.

Наконец, при выборе формы частотной характеристики УПЧ необходимо учесть влияние указанных в рис. 2-1 мешающих сигналов

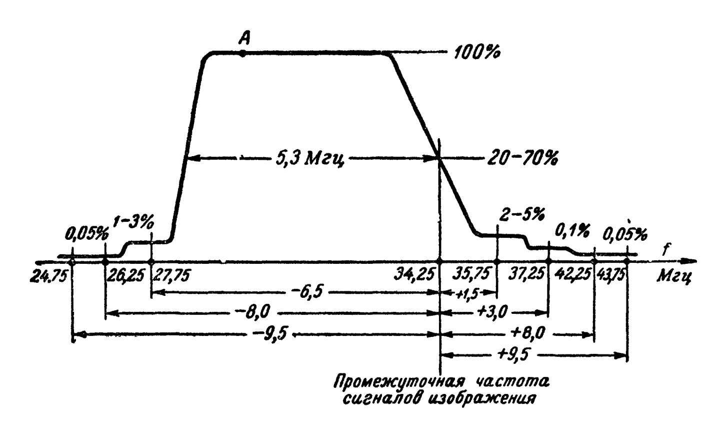


Рис. 2-5. Типичная частотная характеристика УПЧ канала изображения.

соседних станций. В связи с тем, что при преобразовании спектр сигналов «поворачивается», все мешающие разностные частоты также меняют знаки и располагаются так, как показано на рис. 2-5. На этом же рисунке показана форма частотной характеристики УПЧ.

Промежуточная частота сигналов изображения, которая располагается на оси частот справа, усиливается несколько меньше, чем другие частоты, находящиеся левее несущей. Обычно уровень усиления промежуточной частоты составляет от 20 до 70% от уровня плоской части частотной характеристики, который принимается за 100%. Необходимое значение усиления на промежуточной частоте устанавливается в зависимости от конкретных условий приема, а также от особенностей системы телевизора. В некоторых моделях телевизоров имеется специальный орган управления, с помощью которого сам зритель может устанавливать уровень усиления промежуточной частоты, необходимый для получения наиболее высококачественного изображения.

Нетрудно видеть, что, изменяя усиление сигнала промежуточной частоты, можно менять относительное усиление высокочастотной и низкочастотной частей спектра. Если уровень несущей частоты низок (20—30%), то имеет место относительный подъем высоких частот. Четкость изображения при этом возрастает. Однако могут появиться значительные фазовые искажения, ухудшающие качество изобра-

жения, появляется характерная картина рельефности изображения с большим количеством повторений различной яркости.

Если уровень усиления несущей частоты увеличить до 70—100%, то появится избыток энергии низких частот в видеосигнале, что также ухудшит изображение. Оно станет нечетким, с большим количеством «тянучек» (горизонтальных продолжений) справа и слева от черных деталей.

Качество изображения в сильной степени зависит также и от формы и наклона правого спада частотной характеристики УПЧ, т. е. в области промежуточной частоты, так как именно здесь происходит дополнительное подавление нижней боковой полосы частот. Протяженность правого спада характеристики должна быть около 2 *Мгц*. Однако получить такой пологий правый спад довольно трудно, так как необходимо в достаточной степени ослабить некоторые мешающие частоты. Речь идет в первую очередь о частотах, отстоящих от промежуточной частоты на +1,5 и +3,0 *Мгц* (рис. 2-5). Это — промежуточные частоты сигналов звукового сопровождения для соседних каналов. Первая мешающая частота составляет 34,25+1,5=35,75 *Мгц*. Попытка получить на этой частоте большое ослабление неизбежно приводит к увеличению крутизны правого спада частотной характеристики, что в свою очередь приводит и к увеличению фазовых искажений и ухудшению качества изображения. То же самое, но несколько в меньшей степени относится и к частоте 34,25+3,0=37,25 *Мгц*. Поэтому при конструировании телевизоров приходится несколько облегчать требования к ослаблению на этих частотах для сохранения необходимого качества изображения. Задача облегчается тем, что в одной местности телевизионные передачи не ведутся на двух соседних телевизионных каналах и поэтому не приходится ожидать такого рода мешающих частот.

Частоты, удаленные от несущей частоты изображения на +8,0, +9,5 *Мгц* и более, ослабляются достаточно хорошо благодаря естественной избирательности УПЧ. Поэтому для подавления этих частот не применяют специальных мер. Однако при настройке телевизора следует всегда проверять избирательность на частотах 42,25 и 43,75 *Мгц*.

Левый скат частотной характеристики УПЧ (рис. 2-5), который соответствует высокочастотным составляющим спектра телевизионного сигнала, может быть более крутым, чем правый. Обычно его протяженность составляет 0,3—0,7 *Мгц*. Промежуточная частота сигнала звукового сопровождения, отстоящая на —6,5 *Мгц* от промежуточной частоты сигнала изображения, должна располагаться за левым скатом частотной характеристики. Эта частота (27,75 *Мгц*) также должна ослабляться по сравнению с плоской частью характеристики.

Однако это не означает, что в УПЧ канала изображения не происходит усиления сигналов промежуточной частоты звука. В современных телевизорах, использующих разностную частоту 6,5 *Мгц* в канале звукового сопровождения, удается получить некоторое усиление сигналов промежуточной частоты звука в общем тракте усиления звука и изображения. Если, предположим, усиление на плоской части характеристики составляет 100 000, а относительное ослабление промежуточной частоты звукового канала равно 50, то коэффициент усиления сигналов звукового канала составляет все же 2 000. Но по сравнению с сигналами изображения звуковые сигналы оказываются все же ослабленными.

Для всего спектра частот звукового сопровождения (0,25 *Мгц*) усиление в канале изображения должно быть одинаковым, иначе появятся частотные искажения в звуковом канале. Для этого левее низкочастотного ската формируется специальная «площадка» (как показано на рис. 2-5), протяженность которой должна быть не менее 250 *кгц*.

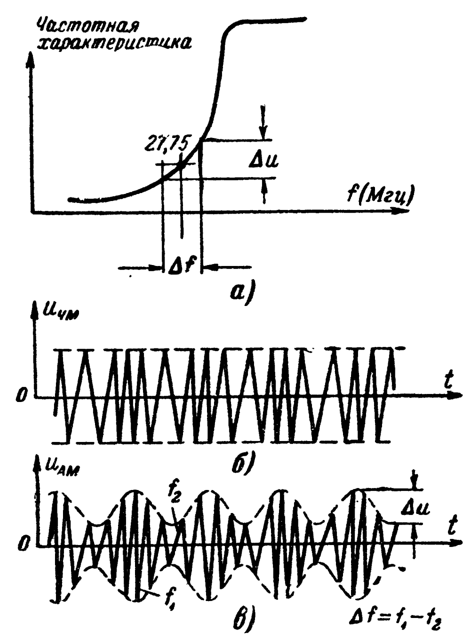


Рис. 2-6. Образование дискриминаторного эффекта.

Если в области частоты 27,75 *Мгц* характеристика не плоская, то возможно появление так называемого дискриминаторного эффекта, который приводит к искажению изображения.

Рассмотрим это явление несколько подробнее. Пусть в области частоты 27,75 *Мгц* частотная характеристика имеет вид, показанный на рис. 2-6, *а*. Это означает, что колебания различных частот усиливаются по-разному: сигналы с частотами выше 27,75 *Мгц* усиливаются сильнее, чем сигналы с частотами, расположенными ниже 27,75 *Мгц*. При изменении частоты приходящего сигнала на величину Δf происходит изменение амплитуды сигнала на Δu, как условно показано на рис. 2-6, *а*. Кроме полезной модуляции сигнала промежуточной частоты звука 27,75 *Мгц*, появляется паразитная амплитудная модуляция сигналов промежуточной частоты звука. В результате этого на амплитудный детектор канала изображения поступают ам-

плитудно-модулированные колебания (рис. 2-6, *в*). Огибающая этого сигнала изменяется в такт со звуковым сопровождением. Выделенный детектором сигнал звуковой частоты поступит вместе с видеосигналом изображения на модулятор кинескопа. На экране появятся горизонтальные темные и светлые полосы, которые перемежаются и меняют свою яркость в такт со звуковым сопровождением телевизионной передачи.

Таким образом, форма частотной характеристики УПЧ видеоканала в области промежуточной частоты звукового сигнала (25,75 *Мгц*) должна быть выбрана с учетом этого эффекта.

Необходимое ослабление на частотах 26,25 и 24,75 *Мгц* (рис. 2-5) обеспечивается за счет избирательности УПЧ.

2-4. АМПЛИТУДНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УПЧ КАНАЛА ИЗОБРАЖЕНИЯ

Требования к частотной характеристике канала изображения определяются из условия правильного воспроизведения частот, составляющих спектр телевизионного сигнала. При этом подразумевалось, что каждая гармоника спектра воспроизводится без искажений. Если на входе УПЧ имеются синусоидальные колебания, то и на выходе УПЧ (перед видеодетектором) также должны быть получены усиленные колебания синусоидальной формы. Практически любой усилитель несколько искажает форму усиливаемых колебаний. На рис. 2-7 показаны типичные искажения синусоидальных колебаний. Если напряжение на входе усилителя не очень велико, например такое, как a_1 на рис. 2-7, то оно усиливается без искажений. Напряжения, меньшие чем a_1, также не искажаются. Если же напряжения на входе усилителя становятся большими (например $в_1$), то усиление уменьшается, что и вызывает искажения.

Зависимость величины выходного напряжения от входного называется амплитудной характеристикой усилителя. На рис. 2-8, *а* показана линейная амплитудная характеристика. Здесь выходное напряжение пропорционально входному. На рис. 2-8, *б* приведена типичная нелинейная характеристика, при этом начальный участок *ОА*, где входные сигналы невелики, линеен. При напряжениях на входе больших, чем *А*, происходит «насыщение», и выходное напряжение растет не пропорционально входному.

Амплитудная характеристика УПЧ канала изображения, а точнее всего канала усиления сигналов изображения, должна быть линейной. Иначе появятся искажения изображения, характеризуемые неправильной передачей контрастов.

Наиболее частая причина нелинейных искажений в каналах изображения заключается в амплитудном ограничении сигнала в последнем каскаде УПЧ. В видеоусилителе, стоящем после детектора, обычно применяется один каскад. Поэтому на выходе детектора должно быть достаточно большое напряжение, чтобы получить хорошую модуляцию луча трубки. Но напряжение на выходе детектора определяется напряжением, получаемым с последнего каскада УПЧ канала изображения. Это напряжение также должно быть значительным (до нескольких вольт). Поэтому слабые сигналы не искажаются, а сильные могут ограничиваться по амплитуде. Для избежания этого в выходном каскаде УПЧ следует применять лампу с достаточно

большим усилением (чтобы уменьшить величину напряжения, подаваемого на вход).

С другой стороны, если на видеодетектор подать небольшие напряжения (меньшие 0,3—0,5 *в*), то нарушится правильная передача

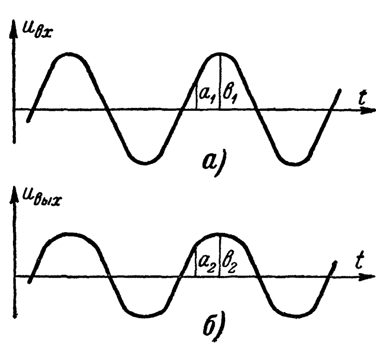


Рис. 2-7. Искажения синусоидального колебания в нелинейном устройстве.

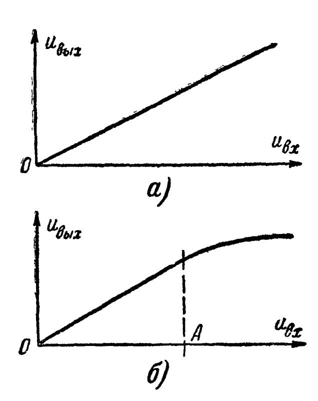


Рис. 2-8. Амплитудная характеристика линейного (*а*) и нелинейного (*б*) усилителей.

контрастов, так как при малых сигналах уменьшается коэффициент передачи детектора. Для устранения этого на детектор следует подавать напряжения не менее 0,5 *в*.

2-5. ФАЗОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАНАЛА ИЗОБРАЖЕНИЯ

Для того чтобы правильно воспроизвести спектр телевизионного сигнала, недостаточно выполнить требования к частотной и амплитудной характеристикам. Необходимо, чтобы задержки, которым подвергаются в канале отдельные составляющие спектра сигнала, были одинаковы для всех частот в пределах полосы пропускания.

Задержка сигнала создается во всех каскадах радиоканала изображения. Имеющиеся реактивные элементы, такие как индуктивности и емкости, которые не могут мгновенно реагировать на проходящие сигналы, вызывают запаздывание выходного сигнала относительно входного.

Аналогичные задержки имеются и в видеоусилителе. Самой существенной является неодинаковость задержек в УПЧ для сигналов разных частот. Для тех частот, на которых резко меняется форма частотной характеристики (участок правее частоты 27,75 *Мгц* на рис. 2-9, *б*), время задержки резко возрастает. Для плоской части амплитудно-частотной характеристики время задержки более или менее постоянно. Особенно большое значение имеет правильная форма характеристики задержек в области промежуточной частоты сигнала изображения 34,25 *Мгц* (под характеристикой задержек будем

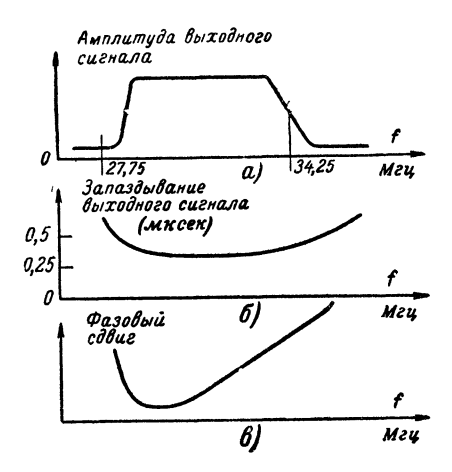


Рис. 2·9. Связь между амплитудно-частотной и фазовой характеристиками усилителя.

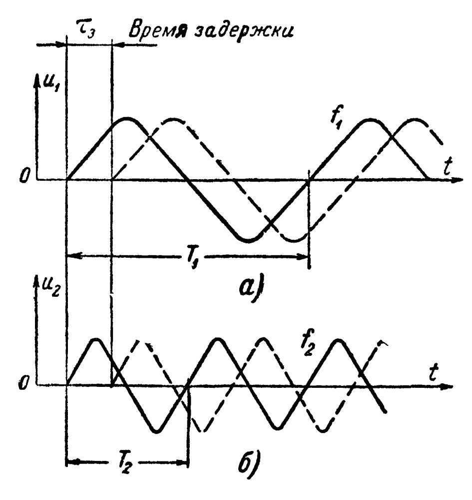


Рис. 2-10. Фазовые сдвиги и частота колебания.

понимать зависимость задержки от частоты сигнала.) Здесь вследствие некоторых искажений, возникающих на передатчике при подавлении нижней боковой полосы частот спектра, требуется особая форма характеристики задержек.

Иногда на передатчиках специально создают некоторые искажения характеристики задержек около промежуточной частоты, чтобы легче было корректировать эту характеристику в телевизоре.

Между временем запаздывания сигнала и фазовой характеристикой имеется непосредственная связь. Так как это потребуется в дальнейшем, рассмотрим подробнее эту зависимость. Если сигнал с частотой f задерживается по фазе на время $\tau_з$, то фаза его изменяется на величину $\Delta\varphi_з$, равную

$$\Delta\varphi_з = 2\pi f \tau_з \ [\textit{рад}] \quad \text{или} \quad \Delta\varphi^\circ_з = 360^\circ f(\textit{гц})\,\tau_з\,(\textit{сек}).$$

Отсюда следует, что фазовый сдвиг $\Delta\varphi_з$ за счет задержки тем больше, чем выше частота сигнала. Так, например, если задержка равна 5 *мсек*, то для сигнала с частотой 50 *гц* фазовый сдвиг составит $^1/_4$ периода колебаний, так как

$$\Delta\varphi_{з(50\,гц)} = 360^\circ\ (50 \cdot 0{,}005) = 90^\circ.$$

При такой же задержке и частоте 100 *гц*

$$\Delta\varphi_з(100_{гц}) = 360^\circ\ (100 \cdot 0{,}05) = 180^\circ.$$

На рис. 2-10 показано, как для двух синусоид с разными частотами изменение фазы связано с временем задержки; при одной и той же задержке $\tau_з$ фаза более высокочастотного колебания u_2 изменяется на большую величину, чем фаза второго более низкочастотного колебания u_1.

Выше мы видели, что если все составляющие спектра некоторого сигнала задержать на одно и то же время, то форма сигнала не изменится. Поэтому, говоря о фазовой характеристике канала изображения, можно оперировать зависимостью времени задержки от частоты. Если время задержки не зависит или слабо зависит от частоты входного сигнала, то такой канал не вносит фазовых искажений.

Для хорошо сконструированных УПЧ неравномерность задержек составляющих спектра сигнала изображения в полосе пропускания не должна превышать 10—20% относительного среднего времени задержки. Если неравномерность задержек больше этой величины, то на экране кинескопа справа и слева от контуров изображения появятся светлые или темные «окантовки», ухудшающие качество изображения.

2-6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗНОСТНОЙ ЧАСТОТЫ 6,5 *Мгц* В ЗВУКОВОМ КАНАЛЕ ТЕЛЕВИЗОРА

На первых порах развития телевизионной техники обычно применялась такая схема канала звукового сопровождения, в которой непосредственно использовался сигнал промежуточной частоты 27,75 *Мгц*. Однако когда начался выпуск телевизоров, рассчитанных на прием в любом из 12 телевизионных каналов, то несущие частоты

для верхних каналов стали достигать 200—250 *Мгц*. При этом частоты колебаний гетеродина имеют примерно такие же величины. Для поддержания промежуточной частоты 27,75 *Мгц* в достаточно узких пределах, следует стабилизировать частоту гетеродина, что представляет собой трудную задачу. При прогреве деталей телевизора изменяются параметры колебательной системы гетеродина, что неминуемо вызывает уход (изменение) его частоты. Для сигналов изображения некоторый уход частоты гетеродина обычно незаметен, так как

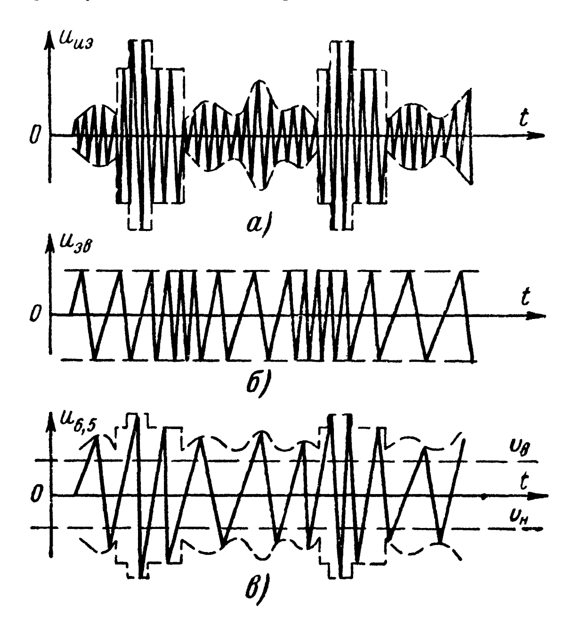


Рис. 2-11. Возникновение сигнала разностной частоты 6,5 *Мгц*, содержащего частотную и амплитудную модуляции.

полоса пропускания канала изображения сравнительно велика. Но уход частоты гетеродина уже на ±100—150 *кгц* опасен, так как полоса пропускания звукового канала (по промежуточной частоте) около 200—300 *кгц*. При значительных уходах частоты гетеродина возможны, следовательно, потери звука. Расширение полосы пропускания звукового канала до 1—1,5 *Мгц*, что приходилось делать в таких случаях, ухудшает параметры звукового канала и прежде всего его помехоустойчивость. Неудобство состоит еще в том, что телезрителю приходится подстраивать частоту гетеродина.

Поэтому в настоящее время во всех телевизорах канал звукового сопровождения строится на основе использования разностной частоты 6,5 *Мгц*.

Рассмотрим, каким образом можно использовать в звуковом канале телевизора частоту 6,5 *Мгц*, равную разности между промежуточными частотами сигналов изображения и звукового сопровождения. Напомним, что эта разностная частота постоянна для всех телевизионных каналов и поддерживается очень точно на самом передатчике. В канале промежуточной частоты эта разность также сохраняется (34,25—27,75=6,5 *Мгц*).

Пусть на детектор поступает промежуточная частота сигналов изображения и звукового сопровождения. Первый сигнал модулирован по амплитуде (рис. 2-11, *а*), а второй — по частоте (рис 2-11, *б*). Так как детектор представляет собой нелинейный элемент, то в нагрузке его возникнут суммарная и разностная частоты, а также всевозможные более сложные комбинационные частоты. Таким образом, в нагрузке детектора появятся колебания с частотой 6,5 *Мгц*. Этот сигнал будет модулирован по амплитуде (как и сигнал частоты 34,25 *Мгц*) и по частоте (как сигнал частоты 27,75 *Мгц*). Этот сигнал, показанный на рис. 2-11, *в*, содержит информацию о сигналах изображения и звукового сопровождения. Так как информация о передаваемом звуке содержится в частотной модуляции, то возникшая амплитудная модуляция будет мешающей.

Можно так подобрать соотношение между амплитудами сигналов 34,25 и 27,75 *Мгц* и параметры детектора, чтобы нежелательный эффект амплитудной модуляции был бы слабым, но полностью избавиться от этой модуляции таким путем не удается. Так как в видеосигнале имеются кадровые импульсы, следующие с частотой 50 *гц*, то, попав в канал звукового сопровождения, эти сигналы создадут фон (гудение). Для устранения этого дефекта целесообразно ограничить сигнал по амплитуде (как показано на рис. 2-11, *в*). В специальном каскаде (ограничителе) «вырезается» и используется та часть сигнала, которая лежит между уровнями $u_в$ и $u_н$.

В канале звукового сопровождения имеется частотный детектор, который преобразует частотно-модулированные колебания в сигналы звуковой частоты, подаваемые после усиления на громкоговоритель телевизора.

Основное достоинство описанного метода построения канала звукового сопровождения заключается в высокой стабильности разностной частоты 6,5 *Мгц*, так как она поддерживается очень точно на самом передатчике и не зависит от частоты гетеродина телевизора. Поэтому можно в значительной мере ослабить требования к стабильности гетеродина телевизора.

Все же метод приема звукового сопровождения с использованием разностной частоты 6,5 *Мгц* не лишен некоторых недостатков. Основной из них состоит в том, что если сигнал разностной частоты снимается с выхода видеоусилителя, то в канале изображения трудно получить достаточное ослабление мешающего сигнала промежуточной частоты звукового сопровождения 27,75 *Мгц*. Поэтому требуется весьма тщательная настройка УПЧ таких телевизоров. Иногда в современных телевизорах применяют два раздельных детектора для канала изображения и для выделения биений промежуточных частот. При этом «звуковой» детектор расположен раньше видеодетектора, и с помощью дополнительных режекторных контуров удается ослабить мешающую частоту 27,75 *Мгц* в канале изображения.

2-7. ЧАСТОТНАЯ, ФАЗОВАЯ И АМПЛИТУДНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАНАЛА ЗВУКОВОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ТЕЛЕВИЗОРА

Почти во всех современных телевизорах звуковой канал строится с использованием разностной частоты 6,5 *Мгц*. В таком канале происходят как бы два частотных преобразования (рис. 2-12).

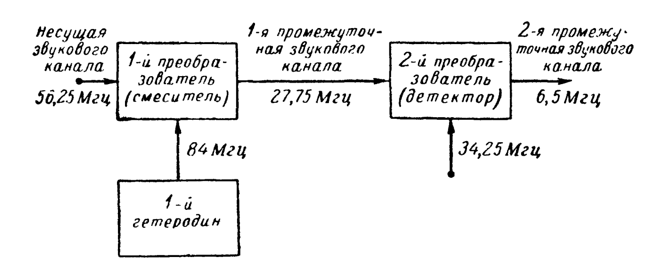


Рис. 2-12. Типичные преобразователи в звуковом канале.

После первого преобразования, которое происходит в общем смесителе каналов изображения и звука, образуется сигнал первой промежуточной частоты 27,75 *Мгц*. Функцию второго преобразователя выполняет детектор, причем в качестве частоты гетеродина используется промежуточная частота сигналов изображения 34,25 *Мгц*.

Полоса частот, занимаемая сигналом звукового сопровождения, невелика — 0,25 *Мгц*. Поэтому не возникает серьезных трудностей в получении нужной частотной и фазовой характеристик звукового канала.

В полосе пропускания звукового канала (рис. 2-13, *а*) фазовая

Рис. 2-13. Частотная и фазовая характеристики одиночного контура.

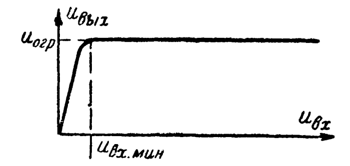


Рис. 2-14. Форма амплитудной характеристики звукового канала.

характеристика должна быть линейной (рис. 2-13, *б*). Это равносильно постоянной величине временной задержки различных составляющих спектра звукового сигнала (рис. 2-13, *в*).

В противоположность каналу изображения амплитудная характеристика должна быть значительно нелинейной. Начиная с некоторого минимального уровня входного сигнала $u_{вх.мин}$, амплитуда выходного сигнала не должна изменяться (рис. 2-14). Такая характеристика позволяет избавиться от паразитной модуляции сигналов звукового сопровождения телевизионным сигналом, а также ограничить помехи, которые могут проникнуть через антенный вход телевизора.

В некоторых телевизорах предусматривается возможность приема передач УКВ станций. Эти передачи, так же как и звуковое сопровождение телевизионных передач, ведутся с применением частотной модуляции, позволяющей получить хорошее качество звучания при высокой чувствительности и помехоустойчивости приемника.

Несущие частоты станций УКВ вещания располагаются в частотном диапазоне 64,5—73,0 *Мгц*. Очевидно, в телевизоре необходимо иметь преобразователь, который преобразовал бы несущую частоту станции УКВ в промежуточную частоту сигнала звукового сопровождения 27,75 или 6,5 *Мгц*, в зависимости от схемы звукового канала. Эту функцию может выполнить основной преобразователь радиоканала (как, например, в телевизоре «Темп-2») или можно использовать специальный преобразователь («Темп-3», «Рубин-А» и др.). Имеется ряд других путей использования телевизора для приема УКВ ЧМ станций, однако в настоящее время установилась схема телевизора с использованием специального блока УКВ (подобный блок имеется и в обычных широковещательных приемниках, приспособленных к приему УКВ ЧМ станций).

2-8. ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВ СИНХРОНИЗАЦИИ И РАЗВЕРТКИ

Назначение канала синхронизации состоит в том, чтобы отделить синхросигналы от общего видеосигнала и затем разделить между собой строчные и кадровые синхроимпульсы. Основное усиление синхросигналов происходит, естественно, в канале сигналов изображения. Так как длительность импульсов синхронизации занимает промежуточное место между длительностью элементарного импульса телевизионного сигнала (0,08 *мксек*) и периодом полукадров (1/50 *сек*), то по видеотракту телевизионного приемника импульсы синхронизации проходят без искажений.

Выделить синхросмесь (совокупность строчных и кадровых импульсов синхронизации) сравнительно просто, так как они по амплитуде превышают на 20—25% максимальный уровень видеосигнала (см. рис. 1-17). Это выделение происходит в специальном каскаде приемника — амплитудном селекторе.

После разделения по отдельным цепям строчные и кадровые синхроимпульсы используются для синхронизации генераторов строчной и кадровой разверток. В выходные цепи этих генераторов

включаются катушки строчной и кадровой развертки луча кинескопа, по которым протекают пилообразные токи строчной и кадровой частот. Под воздействием этих токов световое пятно на экране трубки двигается по строкам и по кадру, образуя телевизионный растр.

2-9. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА ТЕЛЕВИЗОРА

Из изложенного выше следует, что телевизионный сигнал, попадая на вход телевизора, претерпевает ряд преобразований: усиление, гетеродирование, детектирование, ограничение и др.

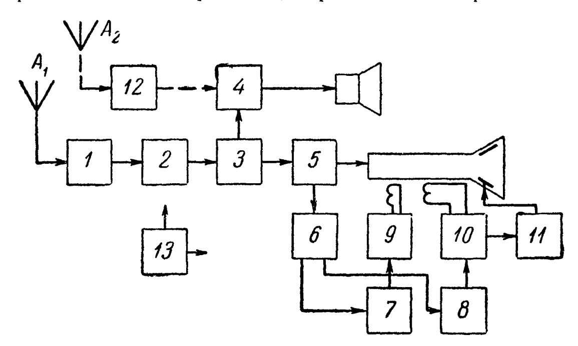


Рис. 2-15. Укрупненная блок-схема современного телевизора.

A_1 — телевизионная антенна; A_2 — антенна УКВ ЧМ канала; *1* — переключатель телевизионных каналов ПТК; *2* — усилитель высокочастотных сигналов изображения и звука; *3* — блок для разделения сигналов изображения и звукового сопровождения; *4* — канал звукового сопровождения; *5* — видеоусилитель; *6* — канал синхронизации; *7* — устройство для формирования импульсов кадровой синхронизации; *8* — устройство для формирования импульсов строчной синхронизации; *9* — генератор кадровой развертки; *10* — генератор строчной развертки; *11* — источник высокого напряжения для кинескопа; *12* — высокочастотная часть УКВ ЧМ канала; *13* — источник питания.

Для выполнения этих преобразований в телевизоре имеется ряд устройств и систем. Определим, как связаны между собой отдельные части телевизора, выполняющие определенные функции. Схемы, изображающие такие связи, называются блок-схемами. Они позволяют глубже понять взаимодействие отдельных частей телевизора.

Рассмотрим типичную блок-схему телевизора (рис. 2-15). Почти все современные телевизоры содержат функциональные блоки, изображенные на этом рисунке. Принципиальные схемы, конструкции, характеристики этих блоков могут быть самыми разнообразными, но их основные функции одинаковы.

Высокочастотный телевизионный сигнал, принятый антенной A_1, прежде всего направляется в устройство, где с помощью переключателя телевизионных каналов ПТК (блок 1) происходит выбор необходимой телевизионной программы и преобразование сигнала высокой частоты в сигнал промежуточной частоты. На выходе ПТК

образуется сумма сигналов изображения и звукового сопровождения выбранной программы (на промежуточной частоте). Затем по некоторой части каскадов промежуточной частоты сигналы изображения и звукового сопровождения проходят неразделенными, при этом происходит их усиление (блок *2*). Если в телевизоре используется вторая промежуточная частота звука в виде разностной частоты 6,5 *Мгц*, то общая часть тракта простирается до детектора или даже до анодной цепи лампы видеоусилителя. Если же разностная частота 6,5 *Мгц* не используется и звуковой канал строится на промежуточной частоте 27,75 *Мгц*, то разделение сигналов изображения и звука происходит в первом или втором каскаде УПЧ канала изображения.

Блок *3* — это блок, в котором происходит разделение сигналов звука и изображения, направляющихся далее в самостоятельные каналы. В блоке *4* происходит усиление сигналов промежуточной частоты звука (6,5 или 27,75 *Мгц*), преобразование частотно-модулированного сигнала в сигнал звуковой частоты и усиление по низкой частоте. Низкочастотный звуковой сигнал поступает на один или несколько громкоговорителей.

Блок *5* включает детектор и видеоусилитель канала изображения. Выходной сигнал с этого блока подается в цепь модулятора кинескопа. Кроме того, с некоторого элемента видеоканала изображения (с детектора или анода лампы видеоусилителя) телевизионный сигнал поступает в канал синхронизации.

В канале синхронизации прежде всего происходит отделение синхронизирующего сигнала от видеосигнала (блок *6*) и затем в блоках *7* и *8* происходит выделение строчных и кадровых синхронизирующих сигналов. Эти сигналы направляются соответственно для синхронизации генераторов кадровой и строчной развертки (блоки *9* и *10*).

Высокое напряжение для питания анода кинескопа (12—16 *кв*) формируется, как правило, из импульсов, которые возникают в блоке строчной развертки во время обратного хода (блок *11*).

Прием сигналов УКВ ЧМ станций обычно ведется на отдельный блок *12*, в котором имеется усилитель высокой частоты, смеситель и гетеродин. С выхода этого блока сигналы промежуточной частоты подаются на вход звукового канала *4*. Блок питания *13* снабжает все цепи телевизора необходимыми напряжениями.

Рассмотрим теперь несколько подробнее блок-схемы каналов изображения и звука, обратив внимание на их основные характеристики и формы сигналов.

На рис. 2-16 показана блок-схема этой части телевизора для случая, когда в канале звукового сопровождения сигнал усиливается на промежуточной частоте 27,75 *Мгц*. На рис. 2-16, *а* показаны формы сигналов в отдельных цепях телевизора, а на рис. 2-16, *б* — частотные характеристики отдельных узлов. Как уже указывалось выше, сейчас в большинстве телевизоров (кроме телевизора типа «Темп-2» и некоторых других) в канале звукового сопровождения сигнал усиливается на второй промежуточной частоте, равной 6,5 *Мгц*. Функциональная схема каналов изображения и звукового сопровождения для этого случая показана на рис. 2-17. Более детальное описание работы отдельных узлов телевизора будет приведено ниже.

Типичная функциональная схема блока синхронизации и разверток современного телевизора показана на рис. 2-18.

Видеосигнал достаточно большой амплитуды, снимаемый с анода лампы выходного каскада видеоусилителя, поступает на амплитудный селектор *1*, где происходит отделение синхросигнала от полного телевизионного сигнала (на рисунке показаны формы напряжений на входе и выходе каждого узла).

Затем сигнал синхронизации поступает на два устройства, в которых происходит разделение строчных и кадровых синхроимпуль-

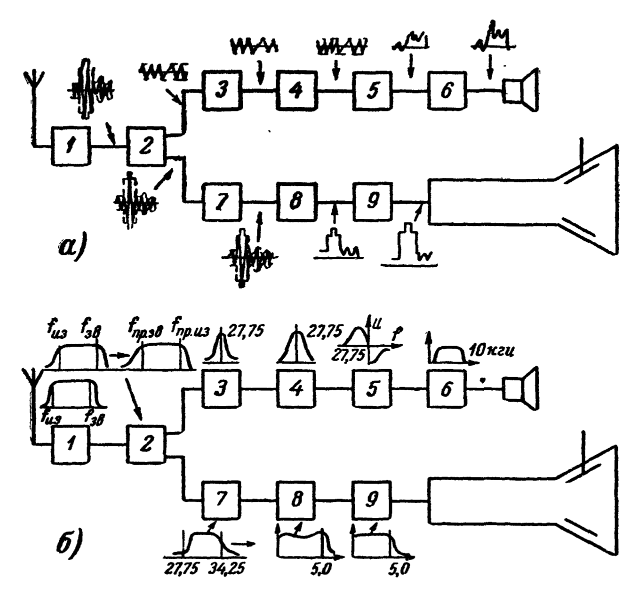


Рис. 2-16. Блок-схема радиоканалов телевизора с раздельными каналами изображения и звука.

1 — УВЧ, смеситель, гетеродин; *2* — общий УПЧ; *3* — УПЧ звукового канала; *4* — усилитель-ограничитель; *5* — частотный детектор; *6* — усилитель низкой частоты; *7* — УПЧ канала изображения; *8* — видеодетектор; *9* — видеоусилитель.

сов. Устройство *2* обычно представляет собой интегрирующую цепочку, на выходе которой выделяются импульсы кадровой синхронизации с частотой полукадров 50 *гц*. Эта последовательность импульсов управляет работой синхронизируемого задающего генератора кадровой развертки *4*. В качестве задающего генератора применяют блокинг-генераторы или мультивибраторы, которые легко синхронизируются внешними сигналами. Пилообразное напряжение задающего генератора подается на выходной каскад кадровой развертки *6*, который питает пилообразными токами кадровые отклоняющие катушки.

Устройство *3* дифференцирует синхросигнал и выделяет импульсы строчной синхронизации. Задающий генератор строчной разверт-

ки 5 вырабатывает пилообразные импульсы с частотой строк (15 625 *гц*), поступающие затем на мощный каскад строчной развертки 7. Иногда задающие генераторы строчной развертки вырабатывают синусоидальные колебания, которые затем преобразовываются в пилообразные. С выхода мощного каскада пилообразные токи подаются в строчные отклоняющие катушки. Кроме того, строч-

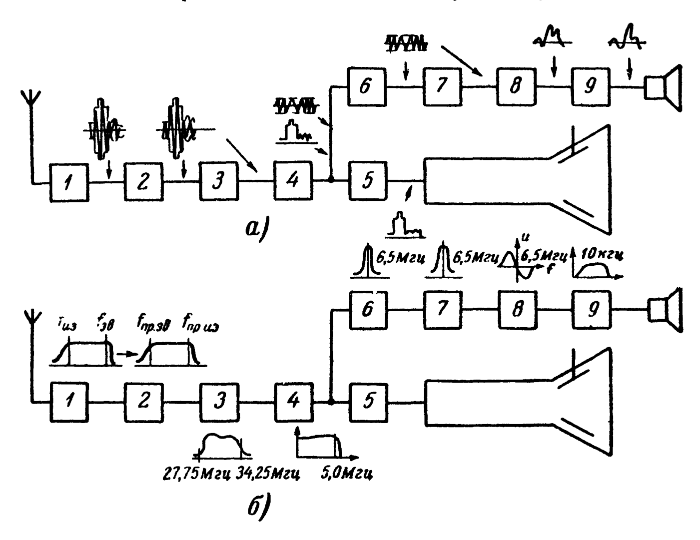


Рис. 2-17. Блок-схема радиоканалов телевизора с использованием разностной частоты 6,5 *Мгц*.

1 — УВЧ; *2* — смеситель, гетеродин; *3* — УПЧ; *4* — видеодетектор; *5* — видеоусилитель; *6* — усилитель промежуточной частоты канала звука; *7* — усилитель-ограничитель; *8* — частотный детектор; *9* — усилитель низкой частоты звукового канала.

ный генератор вырабатывает импульсы высокого напряжения, которые после выпрямления используются для питания анодов кинескопа. Импульсы обратного хода строчной развертки в ряде случаев используются в схемах автоматической регулировки усиления канала изображения (гл. IV). С выходных каскадов строчной и кадровой разверток на задающие генераторы иногда подается напряжение обратной связи (цепи *8* и *9*) для стабилизации частоты генераторов и размеров изображения.

Широкое распространение получили схемы так называемой инерционной синхронизации строчной развертки. Эти схемы обладают высокой помехоустойчивостью работы строчной развертки. При большом коэффициенте усиления канала изображения телевизора на выходе видеоканала помимо телевизионного сигнала имеются значительные шумовые (флуктуационные) напряжения. Влияние шумов особенно заметно при слабых сигналах и большом удалении телевизора от передатчика. В этих условиях нарушается прежде

всего синхронизация изображения, так как синхросигналы искажены шумами. Если удается синхронизировать изображение, то оно может быть удовлетворительным даже при значительном уровне шумов на выходе видеоканала.

При наличии шумов фронты синхроимпульсов, особенно строчных, смещаются во времени, причем хаотичным, случайным образом. Однако в среднем за достаточно большой отрезок времени положения фронтов синхроимпульсов мало меняются. Это означает, что сред-

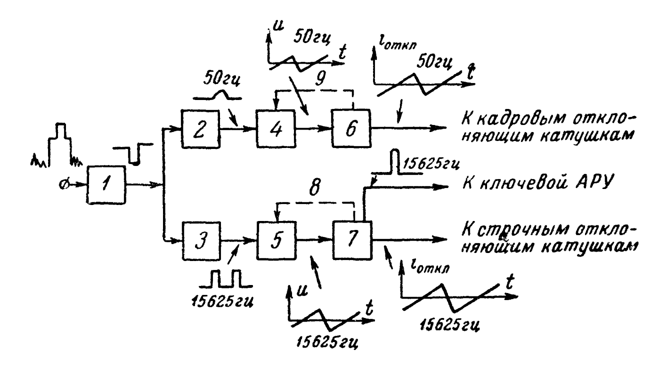


Рис. 2-18. Блок-схема синхронизации и разверток телевизора.

1 — амплитудный селектор; *2* — формирователь импульсов кадровой синхронизации; *3* — формирователь импульсов строчной синхронизации; *4* — задающий генератор кадровой развертки; *5* — задающий генератор строчной развертки; *6* — выходной каскад кадровой развертки; *7* — выходной каскад строчной развертки; *8*, *9* — обратные связи в строчной и кадровой развертках.

няя частота моментов синхронизации (передних фронтов синхроимпульсов) постоянна. Это обстоятельство и используется в инерционных схемах синхронизации. Задающий генератор в этих схемах управляется не каждым синхроимпульсом в отдельности, а некоторым постоянным напряжением, которое по своей величине соответствует средней частоте повторения синхроимпульсов. Кратковременное изменение характера синхросигнала и даже его исчезновение на непродолжительное время не скажется на точности синхронизации, так как схема обладает свойством «запоминания» частоты строчной развертки.

Инерционная схема синхронизации не может предотвратить искажений изображения при длительных помехах или при помехах очень большой интенсивности. Для защиты от интенсивных помех применяют специальные помехоустойчивые схемы амплитудных селекторов.

Глава третья

ИЗ КАКИХ ЦЕПЕЙ СОСТОИТ СХЕМА ТЕЛЕВИЗОРА

Количество типов элементов, из которых состоит современный, даже очень сложный, телевизор, сравнительно невелико. Это — сопротивления, конденсаторы, катушки индуктивности, радиолампы и др. Однако каждый из этих элементов имеет очень много разновидностей, отличающихся по номинальным параметрам, размерам, эксплуатационным свойствам, конструктивным особенностям и т. п. Поэтому количество разнообразных радиотехнических схем, которые можно составить из простых элементов, практически неисчерпаемо.

Однако можно выделить некоторое количество простых цепей, имеющих наибольшее значение. Такие цепи встречаются почти во всех телевизорах.

В схеме любого телевизора можно обнаружить характерные соединения сопротивлений, конденсаторов и индуктивностей, отличающихся лишь номинальными величинами этих элементов. Если разобраться в свойствах таких цепей, то нетрудно будет затем обнаружить их в схеме телевизора и понять их назначение и работу.

Элементарные цепи, к изучению которых мы переходим, в отличие от самих элементов, могут выполнять некоторые радиотехнические преобразования, например, усиление, ограничение, фильтрование сигналов и т. п. Элементарные цепи соединяются в функциональные узлы, которые уже выполняют определенные, характерные для телевизора функции, например, выделение сигналов синхронизации из общего видеосигнала, формирование развертывающих пилообразных токов и т. д.

Для того чтобы облегчить рассмотрение процессов, происходящих в отдельных функциональных узлах, необходимо вначале рассмотреть простейшие радиотехнические цепи, встречающиеся в телевизионных приемниках; этому и посвящена настоящая глава.

3-1. ПОНЯТИЕ О ВНУТРЕННЕМ СОПРОТИВЛЕНИИ ИСТОЧНИКА НАПРЯЖЕНИЯ

Для объяснения работы некоторых схем важно понятие о внутреннем сопротивлении источника напряжения. Если при рассмотрении какой-либо схемы не учесть внутреннего сопротивления источника, то можно неправильно истолковать назначение цепи и принцип ее работы. Понятие о внутреннем сопротивлении лучше всего рассмотреть на примере. Подключим к батарее лампочку (рис. 3-1, *а*), ее нить начнет светиться. Затем параллельно этой лампочке подключим еще несколько лампочек. Мы заметим, что чем больше лампочек подключено к батарее, тем менее ярко они светятся. Если при этом измерять напряжение на зажимах батареи, то окажется, что с увеличением нагрузки (с увеличением числа подключенных лампочек) это напряжение падает.

Аналогичное явление можно наблюдать, когда в осветительную сеть включают утюг или электрическую плитку: напряжение сети несколько падает.

Это явление объясняется тем, что батарея или другой источник напряжения имеет внутреннее сопротивление. Эквивалентная схема

батареи изображена на рис. 3-1, *б*. При отсутствии сопротивления нагрузки $R_н$ напряжение на выходных зажимах *aa'* батареи равно электродвижущей силе батареи *E*. Если теперь к зажимам *aa'* подключить нагрузочное сопротивление $R_н$, то цепь будет замкнута и потечет ток *I*. Этот ток, протекая по внутреннему сопротивлению ба-

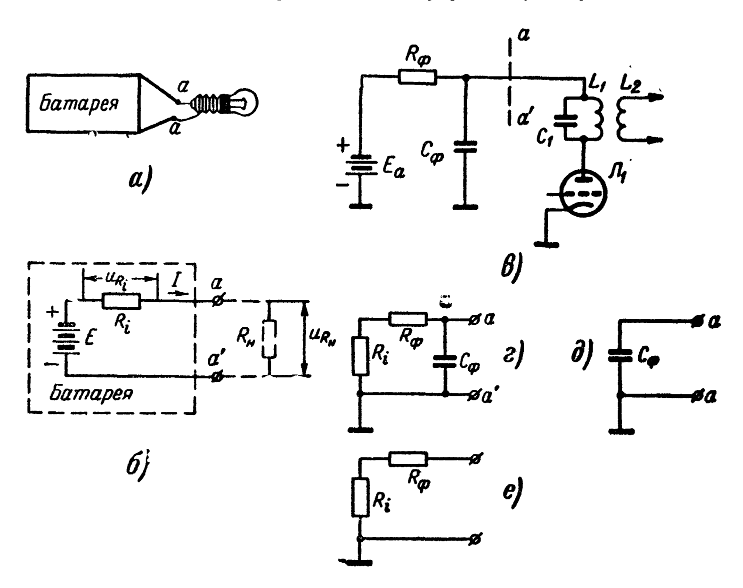


Рис. 3-1. Иллюстрация к понятию внутреннего сопротивления источника напряжения.

тареи R_i, создает падение напряжения u_{Ri}. Поэтому на долю выходного напряжения приходится уже не вся э. д. с. батареи *E*, а разность между *E* и u_{Ri}. Это означает, что часть напряжения э. д. с. упала на внутреннем сопротивлении источника. Теперь станет понятным, почему с увеличением количества лампочек, подключенных к батарее, напряжение на ее зажимах падает. Ведь подключение параллельно нескольких лампочек вместо одной означает уменьшение сопротивления нагрузки. При этом возрастает ток, а следовательно, возрастает и падение напряжения на внутреннем сопротивлении батареи R_i.

Конечно, в батареях отсутствует видимое внутреннее сопротивление в виде отдельного элемента. Внутреннее сопротивление складывается из сопротивления электродов батареи, из сопротивления электролита и других веществ, из которых состоит батарея. Внутреннее сопротивление осветительной сети в основном складывается из сопротивления проводов, подводящих энергию к штепсельной розетке.

Идеальный источник напряжения имел бы нулевое внутреннее сопротивление; это означало бы, что при любой нагрузке напряже-

ние на выходных зажимах источника будет неизменно. На практике мы встречаемся с самыми разнообразными видами источников напряжения, но для любого из них внутреннее сопротивление не равно нулю.

При изучении схемы телевизора необходимо совершенно отчетливо представлять себе, что составляет внутреннее сопротивление источника. Рассмотрим, например, схему простого усилительного каскада (рис. 3-1, *в*). Штриховая линия *aa'* отделяет источник питания схемы от усилительного каскада. На рис. 3-1, *г* показана эквивалентная схема полного внутреннего сопротивления источника, включающая в себя внутреннее сопротивление батареи R_i, сопротивление фильтра $R_ф$, а также конденсатор $C_ф$. Выходное сопротивление схемы (рис. 3-1, *г*) между точками *aa'* и есть внутреннее сопротивление источника. Мы видим, что внутреннее сопротивление не чисто активное (состоящее из одних сопротивлений), в его состав входит емкость. Таким образом, внутреннее сопротивление меняется с частотой. Для низких частот сопротивление конденсатора очень велико. Им можно пренебречь, когда мы рассматриваем поведение схемы при низких частотах. Поэтому эквивалентная схема внутреннего сопротивления для низких частот имеет вид, показанный на рис. 3-1, *е*. Для высоких частот сопротивление конденсатора $C_ф$ становится достаточно малым, и внутреннее сопротивление в основном определяется емкостью конденсатора (рис. 3-1, *д*). Итак, внутреннее сопротивление может изменяться с частотой проходящих токов.

Мы рассмотрели случаи линейных внутренних сопротивлений, т. е. таких, которые не меняют своей величины при изменении протекающих токов. Однако могут встретиться случаи нелинейных внутренних сопротивлений. Например, внутреннее сопротивление кенотронного или полупроводникового выпрямителя нелинейно.

3-2. ДЕЛИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЯ

Простейшие цепи, которые можно составить из сопротивлений, конденсаторов и индуктивностей — это делители напряжения, применяемые, как правило, для уменьшения напряжения, подаваемого к каналу или устройству. Делитель напряжения на сопротивлениях (рис. 3-2, *а*) может использоваться для деления в определенной пропорции постоянных или переменных напряжений, при этом форма переменного напряжения при делении не изменяется.

Делители напряжения на индуктивностях (рис. 3-2, *б*) или конденсаторах (рис. 3-2, *в*) применяются в основном для деления в определенной пропорции напряжений синусоидальной формы.

Вообще следует отметить, что синусоидальное напряжение или ток — единственная форма колебаний, которые не меняют своей формы при прохождении через делители любой сложности. При этом, конечно, имеется в виду, что все переходные процессы установились, т. е. прошло достаточное время с момента подачи напряжения к делителю.

Таким образом, каков бы ни был характер внутреннего сопротивления источника, питающего делители синусоидальным напряжением, форма выходного напряжения делителей останется синусоидальной.

В качестве делителей можно также использовать цепи *RL*, *RC* и *LC* (рис. 3-2, *г*, *д*, *е*). Эти делители не изменяют форму колебания только для синусоидальных напряжений. Что касается цепи из *L* и

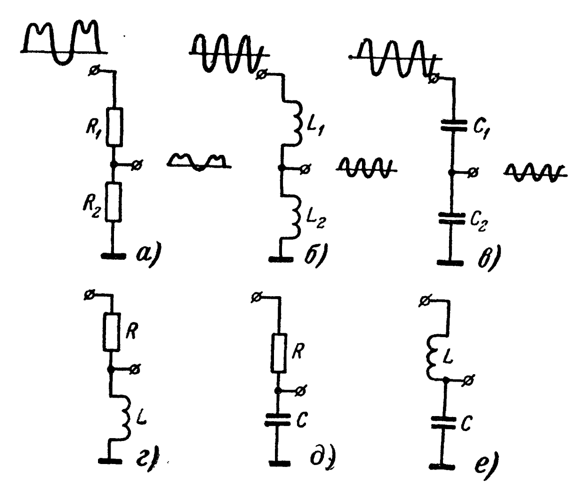


Рис. 3-2. Различные виды делителей напряжения

C, то она обладает рядом важных дополнительных свойств и в некоторых условиях эта цепь может не ослабить, а усилить напряжение.

3-3. ЦЕПИ *RC*

Комбинации двух элементов (сопротивления *R* и конденсатора *C*) в телевизорах встречаются часто. Простейшие *RC*-цепи, состоящие из двух элементов, показаны на рис. 3-3, *а*, *б*, *в*. Эти соединения используются в качестве переходных элементов между ламповыми каскадами, интегрирующих и дифференцирующих устройств, высокочастотных и низкочастотных фильтров. Для того чтобы получить наиболее полное представление о свойствах *RC*-цепей, достаточно изучить их воздействие на импульсный процесс и на синусоидальные колебания. Ограничимся рассмотрением двухэлементных цепочек, показанных на рис. 3-3, *б* и *в*, так как они встречаются наиболее часто. На этих же рисунках показаны осциллограммы входных и выходных напряжений для обеих цепей.

Пусть от источника напряжения на вход цепи *RC* (рис. 3-3, *б*) подана последовательность прямоугольных импульсов $u_{вх1}$. Для простоты рассуждений допустим, что внутреннее сопротивление источника весьма мало и им можно пренебречь. Положим, что до момента времени t_1, когда возникает передний фронт импульса, напряжение на входе цепи равно нулю; следовательно, и на выходных зажимах (на конденсаторе *C*) напряжение равно нулю. В момент

времени t_1 на входе цепи напряжение скачком возрастает до величины E. Каким же станет напряжение на конденсаторе в этот момент времени?

Изменение напряжения на конденсаторе обусловливается прохождением через него тока. Это напряжение не может измениться

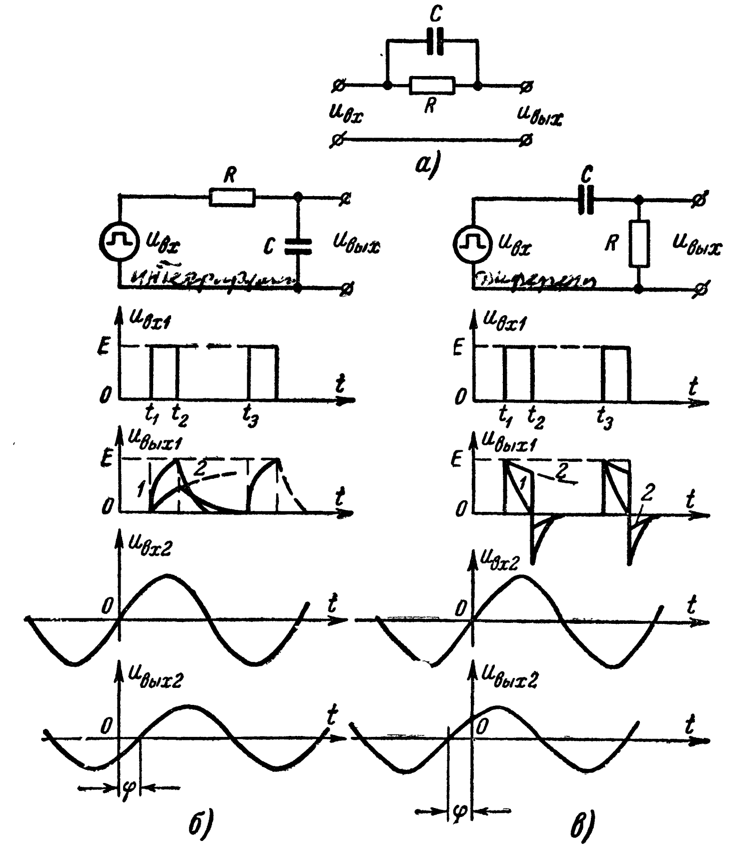


Рис. 3-3. Работа интегрирующей и дифференцирующей RC-цепей

мгновенно. Поэтому в момент времени t_1 напряжение на конденсаторе останется равным нулю. Но так как сумма падений напряжения на элементах последовательной цепи равна напряжению источника, то все напряжение E в момент времени t_1 оказывается приложенным к сопротивлению R.

Затем начинается постепенный заряд конденсатора C, и напряжение на нем возрастает, стремясь достичь величины E. Если ем-

кость конденсатора или величина сопротивления R малы, то конденсатор зарядится быстро (кривая *1* на рис. 3-3, *б*) и к моменту времени t_2 напряжение на нем окажется равным амплитуде импульсов E. Таким образом, в этом случае конденсатор успеет полностью зарядиться во время действия импульса, до его окончания.

Если же емкость конденсатора велика или велико сопротивление R, то к моменту окончания импульса (момент времени t_2) напряжение на конденсаторе окажется меньше, чем E и кривая заряда пойдет в этом случае ниже (кривая *2*, рис. 3-3, *б*). Штриховая линия, продолжающая кривую *2*, показывает, как протекал бы процесс заряда конденсатора C, если бы импульс не закончился в момент времени t_2, а продолжался бы дольше.

Таким образом, цепочка RC, показанная на рис. 3-3, *б*, обладает способностью накапливать заряды под воздействием приложенного напряжения. Такая цепочка RC носит название интегрирующей.

Аналогично протекает процесс разряда конденсатора после окончания импульса. В момент времени t_2 входной импульс заканчивается, а на конденсаторе C в этот момент времени имеется некоторое напряжение. Начинается постепенный процесс разряда конденсатора.

Скорость протекания заряда и разряда конденсатора в цепи RC зависит от величин емкости и сопротивления (определяется величиной произведения RC). Эта величина называется постоянной времени и имеет размерность времени (произведение омов на фарады имеет размерность секунд). Например, цепочка из конденсатора емкостью 100 *пф* и сопротивления 100 *ком* имеет постоянную времени $100 \cdot 10^{-12} \times 100 \cdot 10^3 = 10^{-5}$ *сек*, т. е. 10 *мксек*. Очевидно, что получить такую же постоянную времени можно и при других значениях емкости и сопротивления. К примеру, цепочка из емкости 5 000 *пф* и сопротивления 2 000 *ом* также имеет постоянную времени 10 *мксек*. Для этих двух цепочек с различными сопротивлениями и конденсаторами (но одинаковыми постоянными времени) процессы, рассмотренные выше, будут протекать совершенно одинаково. При этом надо обратить внимание на условие, высказанное в начале раздела: внутреннее сопротивление источника напряжения считалось равным нулю. Если же внутренним сопротивлением источника пренебречь нельзя, то могут возникнуть различия в ходе процесса в цепочках с различными значениями параметров R и C, но одинаковыми постоянными времени.

Дело в том, что в начальный момент времени (в момент резкого, скачкообразного изменения входного напряжения) сопротивление конденсатора C можно считать равным нулю. Следовательно, в этот момент времени общее сопротивление цепочки RC равно точно сопротивлению R. В начальный момент времени источник будет испытывать наибольшую нагрузку. Для реальных источников, у которых выходное сопротивление не равно нулю, всегда происходит некоторое уменьшение выходного напряжения в моменты скачков, если сопротивление цепочки R невелико. Таким образом, при заданной величине постоянной времени надо выбирать сопротивление достаточно большим по сравнению с выходным сопротивлением источника импульсов (или напряжения другой формы).

Отметим, что величина постоянной времени имеет следующий физический смысл: за отрезок времени, равный постоянной времени,

полностью разряженный конденсатор C успевает зарядиться до напряжения, равного примерно 70% входного напряжения, причем это справедливо для любых величин входного напряжения. Поэтому, зная величину постоянной времени, всегда можем графически изобразить процесс заряда и разряда конденсатора через сопротивление.

Теперь рассмотрим, как проходят через интегрирующую цепочку RC синусоидальные напряжения. Синусоидальное напряжение характеризуется тремя величинами: амплитудой, частотой и фазой. Оказывается, что при прохождении синусоидального напряжения через интегрирующую цепь, изменяются лишь амплитуда и фаза колебаний, а частота остается неизменной, так как любые цепи, состоящие из элементов R, L и C, не изменяют частоты проходящих через них колебаний. Чем больше емкость конденсатора, тем меньше амплитуда выходного напряжения, так как емкостное сопротивление конденсатора уменьшается при увеличении емкости. Чем выше частота колебания, тем более заметным становится уменьшение амплитуды выходного напряжения.

Запаздывание по фазе выходного напряжения также объясняется инерционными свойствами конденсатора. Величина запаздывания выходного напряжения по фазе φ (рис. 3-3, *б*) пропорционально величинам R, C и частоте колебаний f. Наибольший сдвиг по фазе, который RC-цепь может обеспечить, составляет почти $^1/_4$ периода колебаний. Такой сдвиг бывает при очень большой величине произведения RCf.

Мы кратко рассмотрели вопрос о прохождении через интегрирующую цепь импульсного и синусоидального напряжений. В телевизорах встречаются самые разнообразные формы напряжений. Однако взятые в качестве примера импульсное и синусоидальное напряжения представляют собой как бы крайний случай. Кроме того (см. гл. первую), любое напряжение можно представить как сумму некоторого количества синусоидальных напряжений. Поэтому, разобравшись в работе RC-цепи при импульсных и синусоидальных воздействиях, легко можно проанализировать и другие случаи.

Обратимся теперь к другому виду цепи, состоящей из соединения сопротивления и конденсатора — к CR-цепи (рис. 3-3, *в*). Эта цепь отличается от предыдущей только тем, что выходное напряжение снимается с сопротивления R. Однако форма выходного напряжения оказывается резко противоположной.

Подадим на вход этой цепи импульсный сигнал с амплитудой E *. В момент времени t_1 напряжение на конденсаторе C равно нулю (так как конденсатор не может мгновенно зарядиться). Все входное напряжение E передается на сопротивление R, т. е. на выход цепи. Затем начинается постепенный заряд конденсатора и на нем начинает падать все большая часть входного напряжения. Поэтому выходное напряжение начинает уменьшаться, так как сумма напряжений на сопротивлении и конденсаторе должна быть непременно равна величине E. Все соображения относительно влияния постоянной времени, высказанные выше, остаются справедливыми и для данной цепочки CR. Если постоянная времени цепи мала, то спад выходного напряжения будет резким (кривая *1* на рис. 3-3,*в*) и, наоборот, при большой постоянной времени процесс пройдет медленнее. После

---

* Для простоты рассуждений будем пренебрегать внутренним сопротивлением источника напряжения E.

окончания импульса (начиная с момента времени t_2) конденсатор быстро разряжается через сопротивление R. Ток разряда имеет направление, обратное по отношению к току заряда. Поэтому и напряжение на сопротивлении R меняет свою полярность.

Сравнивая графики входного и выходного напряжений, мы можем заметить, что цепь CR при малой постоянной времени обладает способностью укорачивать (дифференцировать) импульсы. Такую цепь называют дифференцирующей. Если же постоянная времени велика по сравнению с длительностью импульса, то выходное напряжение по форме будет мало отличаться от входного. Такого рода цепи с очень большой постоянной времени используются в качестве переходных цепей при межкаскадной связи в ламповых усилителях.

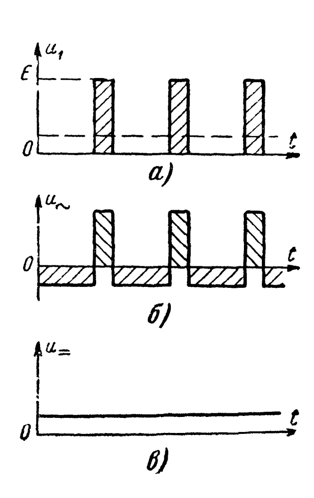


Рис. 3-4. Выделение постоянной составляющей импульсного сигнала.

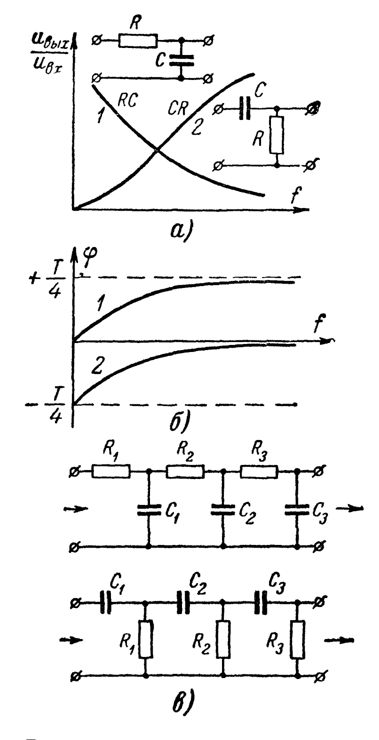


Рис. 3-5. Частотные и фазовые характеристики RC-цепи.

Это применение цепи CR определяется тем, что она не пропускает постоянную составляющую напряжения, которая всегда имеется на анодах ламп, но не должна попадать в цепь управляющей сетки лампы следующего каскада. Серию импульсов, показанных на рис. 3—4, *а*, можно представить как сумму напряжения прямоугольной формы $u_{\sim}$ (рис. 3-4, *б*) и постоянного напряжения $u_{=}$ (рис. 3-4, *в*). Величину постоянной составляющей можно найти следую-

щим путем. Проведем пунктирную линию на осциллограмме u_1 так, чтобы суммы площадей участков, лежащих выше и ниже этой линии, были равны между собой. В таком случае уровень этой линии и есть постоянная составляющая. Практически постоянная составляющая напряжения на анодах ламп может достигать нескольких десятков вольт, а полезный сигнал — долей вольта.

Теперь рассмотрим, как проходит через цепочку *CR* синусоидальное напряжение. В отличие от цепочки *RC* (рис. 3-3, *б*) здесь амплитуда выходного напряжения с ростом частоты возрастает. Объясняется это тем, что конденсатор *C* для высокой частоты представляет собой малое сопротивление, поэтому падение напряжения на нем уменьшается с ростом частоты. Что касается фазового сдвига выходного напряжения по отношению к входному, то в цепочках *CR* происходит как бы «опережение» выходного напряжения по фазе.

В заключение остановимся на частотных характеристиках цепей *RC*. На рис. 3-5, *а* и *б* показаны частотные и фазовые характеристики интегрирующей и дифференцирующей цепей. Интегрирующая цепочка *RC* дает «завал» высоких частот, а дифференцирующая цепочка *CR* — «завал» низких. Эти свойства цепочек используются при построении фильтров. Например, если необходимо отфильтровать (не пропустить) высокие частоты, то применяют интегрирующую цепь *RC*. Для улучшения фильтрующих свойств цепей иногда применяют многозвенные *RC* и *CR* цепи (рис. 3-5, *в*).

3-4. ЦЕПИ *RL*

Кратко рассмотрим прохождение импульсов прямоугольной формы и синусоидального напряжения через цепи, состоящие из сопротивления *R* и индуктивности *L*. Процессы в цепи *RL* легко понять, если учесть свойство индуктивности — препятствовать быстрым изменениям тока. Поэтому в момент времени t_1 (рис. 3—6, *а*), когда напряжение на входе цепи увеличивается скачком до значения *E*, выходное напряжение равно нулю. Действительно, чтобы в момент времени t_1 на выходном сопротивлении *R* было какое-то напряжение, через него, так же как и через последовательно включенную индуктивность *L*, должен протекать ток. А ведь этого в первый момент времени быть не может, так как индуктивность препятствует мгновенному изменению тока. После момента времени t_1 ток через индуктивность начнет постепенно увеличиваться, а следовательно, начинает возрастать и напряжение на сопротивлении *R*. Мы видим, что процесс нарастания тока в индуктивности происходит аналогично заряду емкости. В зависимости от величин индуктивности и сопротивления форма выходного напряжения будет изменяться. Если индуктивность мала, то, естественно, процессы будут протекать быстрее. Постоянная времени *RL*-цепи равна отношению L/R (эта величина имеет размерность секунд, если *L* выражается в генри, а *R* — в омах).

Цепи *LR* можно использовать как интегрирующие (если выходное напряжение снимается с сопротивления *R*, рис. 3-6, *а*) и как дифференцирующие (если выходное напряжение снимается с индуктивности *L*, рис. 3—6, *б*).

Прохождение синусоидального напряжения через цепи *RL* аналогично прохождению его через цепи *RC*. Фазовые сдвиги и измене-

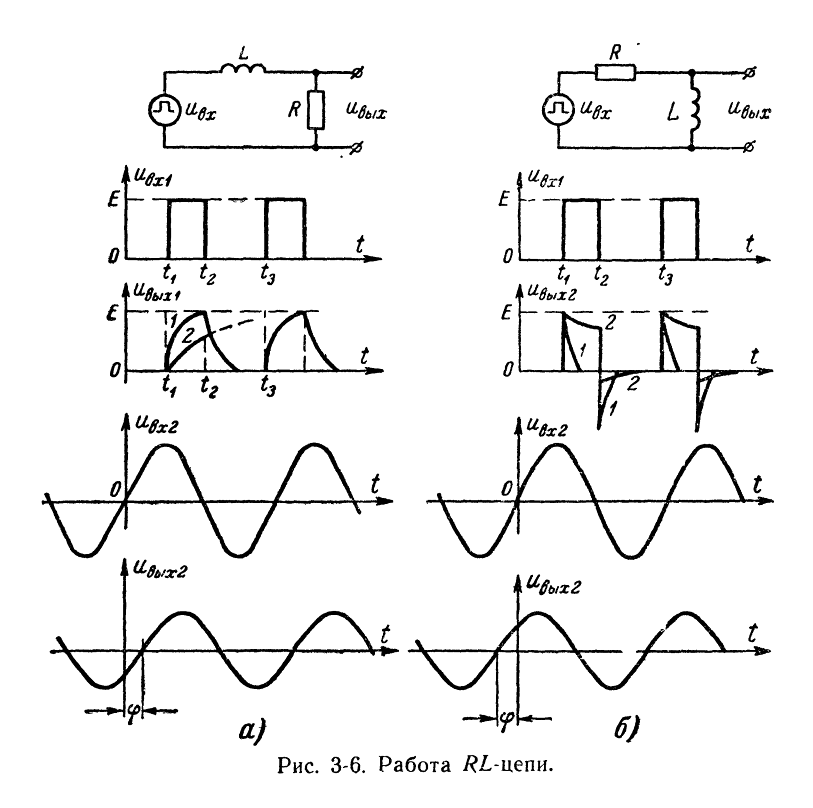


Рис. 3-6. Работа *RL*-цепи.

ния выходного сигнала показаны на рис. 3-6. Частотные характеристики таких цепей такие же, как для соответствующих цепей *RC*.

Цепи *RL* и *LR* можно использовать также и в качестве частотных фильтров.

3-5. ЦЕПИ *RLC* и *LC*

Более сложные цепи, в которых имеются емкость и индуктивность (рис. 3-7), обычно используются в схемах, работающих на синусоидальном токе. Подадим на простейшую *LC* цепь (рис. 3-7, *а*) синусоидальное напряжение. Такого рода цепь можно представить в виде эквивалентной схемы, содержащей также некоторое сопротивление *r*, последовательно включенное с индуктивностью *L* (рис. 3-7,*б*). Величина сопротивления *r* равна омическому (т. е. измеренному на постоянном токе) сопротивлению катушки *L* *.

* Внутреннее сопротивление источника питания для простоты рассуждений полагаем равным нулю.

При подаче на вход такой цепи синусоидального напряжения на выходе образуется синусоидальное напряжение той же частоты, но амплитуда и фаза выходного напряжения оказываются другими. Важнейшей характеристикой такой цепи служит зависимость амплитуды выходного напряжения $U_{вых}$ от частоты f входного синусоидального напряжения.

Если поддерживать на входе цепи постоянную амплитуду напряжения и изменять лишь частоту f, то амплитуда выходного напря-

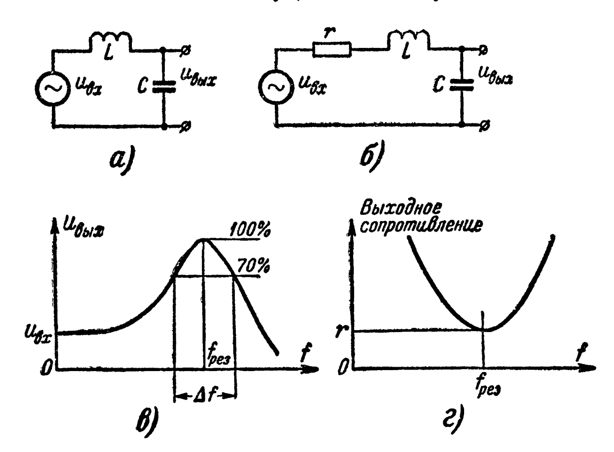


Рис. 3-7. Работа *RLC*-цепи.

жения $U_{вых}$ будет изменяться так, как показано на рис. 3-7, *в*. При некоторой частоте входного напряжения $f_{рез}$ амплитуда выходного напряжения оказывается максимальной. Это явление называется резонансом напряжения, а частота, на которой это явление происходит — резонансной частотой. Замечательное свойство такой резонансной системы состоит в том, что выходное напряжение может оказаться во много раз больше входного (по амплитуде).

Зависимость амплитуды выходного напряжения от частоты называется частотной или резонансной характеристикой контура (рис. 3-7, *в*). Эта кривая характеризуется в первую очередь своей шириной, которая обычно измеряется на уровне 70% от максимального уровня (рис. 3-7, *в*). Чем больше сопротивление r, тем ниже идет кривая и тем она шире. Ширина кривой называется полосой пропускания контура. Уровень 0,7 (70%) выбран потому, что во многих практических приложениях уменьшение усиления до уровня 0,7 допустимо.

Общее сопротивление цепи *LC*, на которое нагружен источник напряжения, также изменяется с частотой. Из рис. 3-7, *г* видно, что для резонансной частоты входное сопротивление минимально и равно примерно величине сопротивления r. Это явление используется при конструировании режекторных контуров для подавления нежелательных частот в канале изображения телевизора.

Мы рассмотрели цепь, в которой выходное напряжение снимается с конденсатора. Все останется таким же, если снимать напряжение с индуктивности. При этом лишь изменится фаза выходного напряжения.

Другая разновидность цепи LC — параллельный колебательный контур, схема которого показана на рис. 3-8, *а*. Если последовательный контур LC (рис. 3-7, *а*) обычно питают от источника, имеющего нулевое или малое выходное сопротивление, то параллельный контур обычно питают от источника с большим выходным сопротивлением. Действительно, источник с большим выходным сопротивлением можно назвать источником тока, потому что та или иная нагрузка мало изменяет величину тока в цепи, который определяется в основном большим выходным сопротивлением источника.

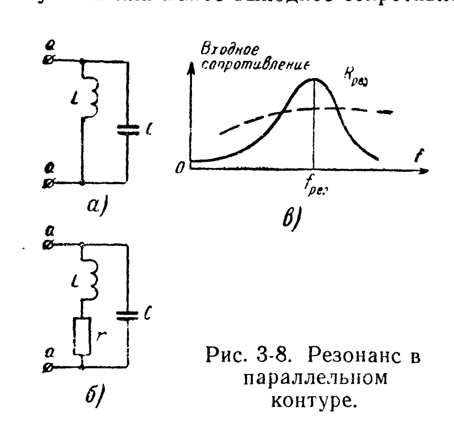


Рис. 3-8. Резонанс в параллельном контуре.

При питании параллельного контура от такого источника в контуре возникает резонанс токов (а в предыдущем контуре был резонанс напряжений). На рис. 3-8, *б* показана эквивалентная схема параллельного контура, а на рис. 3-8, *в* — его резонансная характеристика и зависимость общего сопротивления контура от частоты. При резонансе общее сопротивление контура максимально. Это используется в усилителях для получения максимального усиления на нужной частоте. Полоса пропускания контура зависит от величины сопротивления r. Чем сопротивление меньше, тем контур добротнее, тем полоса пропускания его меньше, а резонансное сопротивление больше. Если по условиям поставленной задачи требуется получение широкой полосы пропускания контура (штриховая кривая на рис. 3-8, *в*), то параллельно контуру включают шунтирующее сопротивление. Если сопротивление шунта достаточно мало (для контуров УПЧ канала изображения малым считается сопротивление 1—2 *ком*), то резонансное сопротивление просто равно этому шунтирующему сопротивлению.

До сих пор рассматривался случай, когда на контур подается длительно действующее синусоидальное напряжение. Теперь разберем, какие процессы произойдут в контуре, если на него подать импульсное напряжение (рис. 3-9, *а*).

Пока ключ K разомкнут, ток в контуре отсутствует и на элементах контура нет напряжений. Замкнем ключ. Через некоторое время конденсатор C зарядится до напряжения источника E, а в цепи, составленной из индуктивности L и сопротивления r, будет протекать ток, равный E/r. Затем в момент времени t_1 разомкнем ключ K. В контуре имеется запас энергии в виде разности потенциалов на конденсаторе и тока I в катушке. В контуре начнется колебательный процесс (рис. 3-9, *б*). Если бы не было сопротивления R, то никаких

бы потерь энергии не происходило и общее количество энергии оставалось постоянным. Первая полуволна колебания (потенциал точки a относительно точки b) оказывается отрицательной. Действительно, после размыкания ключа конденсатор C начинает разряжаться через индуктивность, т. е. напряжение на ней падает.

Если поменять местами выводы источника напряжения, то первая полуволна станет положительной (рис. 3-9, *в*). В контуре, включающем индуктивность L и емкость C, начнется колебательный процесс.

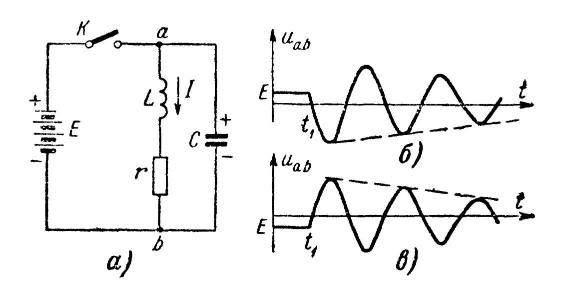


Рис. 3-9. Ударное возбуждение контура.

Колебания постепенно затухают, так как часть энергии превращается в тепловую, выделяемую на сопротивлении r. Если сопротивление r очень велико, то может и не произойти колебательного процесса (пунктирная линия на рис. 3-9, *в*); такой контур называется апериодическим.

Частота колебаний определяется величинами индуктивности и емкости. Амплитуда первой полуволны собственных колебаний контура может во много раз превысить величину напряжения E. Такого рода ударное возбуждение контура широко используется в радиотехнике; в телевидении же этот эффект лежит в основе получения высокого напряжения для питания анода кинескопа.

3-6. СВЯЗАННЫЕ СИСТЕМЫ РЕЗОНАНСНЫХ КОНТУРОВ

На рис. 3-10, *а* показана цепь, состоящая из двух индуктивно связанных контуров. Если на вход первичного контура, состоящего из элементов C_1, L_1, r_1, от источника тока подать синусоидальное напряжение, то на выходе вторичного контура за счет индуктивной связи появится напряжение той же частоты. Форма частотной характеристики такой системы контуров зависит не только от величин всех элементов, но и от степени связи между контурами. С увеличением связи между ними наблюдается переход от частотной характеристики типа *1* к характеристике типа *2*, а затем типа *3*.

Как видно из этих графиков, полоса пропускания связанной системы контуров увеличивается по мере увеличения связи между контурами. Однако при очень большой связи появляется нежелательный провал в средней части частотной характеристики (кривая *3*). Обыч-

но связь между контурами создается путем применения общего магнитопровода, который энергию магнитного поля первичной катушки подводит ко вторичной. Магнитопроводы выполняются в виде сердечников. Обычный трансформатор также представляет собой многоконтурную систему с магнитопроводом в виде железного или магнитокерамического сердечника (в строчных трансформаторах применяется оксифер).

В зависимости от соотношений между параметрами элементов контура, а также от степени связи контуров, выходное напряжение

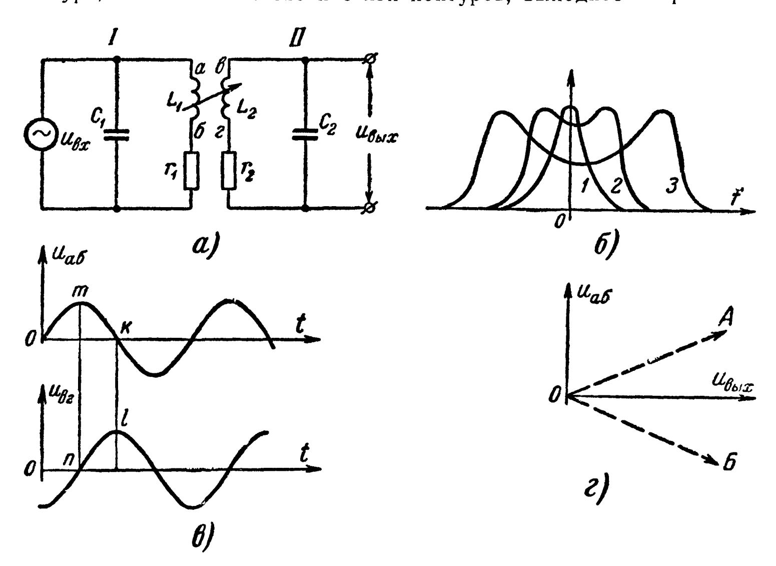


Рис. 3-10. Полосовой фильтр.

на резонансных частотах может быть по величине больше или меньше входного. Фаза выходного напряжения также отличается от фазы входного и зависит от частоты. Рассмотрим некоторые фазовые соотношения в двухконтурной системе; знание их необходимо для ознакомления с работой частотных детекторов. При возбуждении первичного контура от источника сигнала $u_{вх}$ в катушке L_1 образуется напряжение $u_{аб}$ (разность потенциалов, отсчитываемая от точки *а* к точке *б*). Ток катушки L_1 создает магнитное поле, которое воздействует на витки катушки L_2. Напряжение, возникшее на концах катушки L_2 ($u_{вг}$), будет иметь ту же частоту, что и входное. Напряжение на выходе вторичного контура отличается по фазе на $^1/_4$ периода колебаний, если частота колебаний равна резонансной частоте вторичного контура. При уходе от резонансной частоты фазовый сдвиг уменьшается.

Очень полезным на практике оказывается векторное представление синусоидальных колебаний. Синусоидальное колебание характе-

ризуется тремя величинами: амплитудой, частотой и фазой. Но только амплитуда и фаза колебания изменятся при прохождении через линейные цепи. Частота же остается постоянной. Поэтому выходное колебание характеризуют два параметра — амплитуда и фаза.

Для изображения синусоидального напряжения можно, следовательно, использовать плоскость, имеющую два измерения. Если колебание изобразить в виде отрезка прямой линии со стрелкой на конце, то длина этого отрезка, называемого вектором, может изображать амплитуду колебания, а наклон вектора — фазу. Весь период синусоиды соответствует 360°, а $^1/_4$ периода, следовательно, 90°. Изобразим в виде вектора $u_{аб}$ первичное напряжение (рис. 3-10, *г*), тогда вторичное напряжение изобразится в виде вектора $u_{вых}$, повернутого на 90°. Если вторичный контур не резонирует с входным напряжением, то этот фазовый сдвиг не равен 90° и вторичное напряжение изобразится штриховыми векторами *А* или *Б*. Если частота входного колебания изменяется, то вектор вторичного напряжения совершает колебания относительно положения $u_{вых}$. Это явление используется в телевизорах при построении фазовых дискриминаторов, в которых происходит преобразование частотно- или фазово-модулированных колебаний в амплитудно-модулированные.

3-7. МОСТИКОВЫЕ СХЕМЫ

На рис. 3-11 показано еще одно соединение элементов, которое получило название мостовой схемы. В мостовой схеме на сопротивлениях (рис. 3-11, *а*) при определенных соотношениях между сопротивлениями R_1, R_2 и R_3, R_4 выходное напряжение $u_{вых}$ равно нулю при любых входных напряжениях. Действительно, мостовую схему можно рассматривать как два делителя напряжения: один делитель состоит из сопротивлений R_1 и R_2, второй — из R_3 и R_4. В точках *а* и *а'* каждого делителя образуются напряжения, равные некоторой части входного напряжения $u_{вх}$. Для того чтобы напряжения в точках *а* и *а'* обоих делителей были одинаковы, совершенно не обязательно добиваться равенства сопротивлений R_1 и R_3, а также сопротивлений R_2 и R_4. Важно лишь чтобы они были пропорциональны, т. е. добиться выполнения условия $R_1/R_2=R_3/R_4$. В этом случае соответствующие напряжения равны: $u_1=u_3$ и $u_2=u_4$. Тогда разность потенциалов между точками *а* и *а'* равна нулю, причем эта нулевая

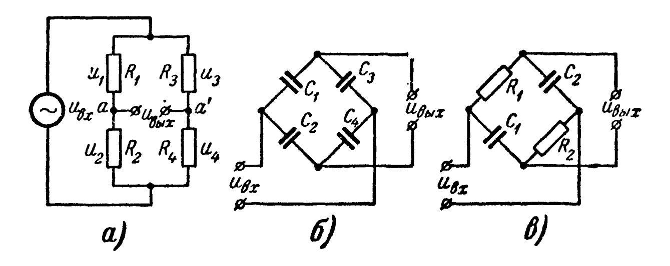


Рис. 3-11. Мостовые схемы.

разность сохраняется при любой величине и форме входного напряжения. Рассмотренная мостовая схема может быть собрана на конденсаторах и комбинациях других линейных элементов *RLC* (рис. 3-11, *б* и *в*).

3-8. ДИОДНЫЙ ДЕТЕКТОР

В схемах телевизоров для выпрямления переменных напряжений и детектирования модулированных колебаний широко применяются схемы детекторов на ламповых и полупроводниковых диодах.

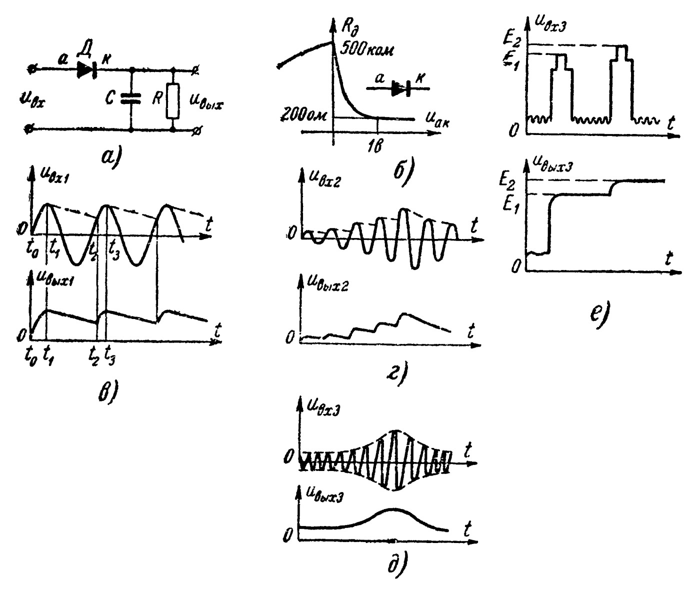


Рис. 3-12. Работа диодного детектора.

Для этих схем большое значение имеет односторонняя проводимость диодов. Рассмотрим, как работает детектор при выпрямлении немодулированных синусоидальных колебаний (рис. 3-12).

В момент времени t_0 напряжѐние $u_{вх}$ на входе детектора начинает возрастать. До этого момента времени заряд конденсатора *C* был равен нулю. Поэтому, начиная с момента времени t_0, напряжение в точке *а* (анод диода) будет больше, чем в точке *к* (катод). Следовательно, диод отопрется, его сопротивление станет малым, и начнется заряд конденсатора *C* через внутреннее сопротивление отпертого диода Этот заряд будет длиться до момента времени t_1, начиная с которого напряжение на входе детектора начнет падать. Но конденсатор не может быстро изменить свой заряд. Поэтому, как только напряжение в точке *а* диода станет хоть немного меньше напряжения в точке *к*, диод запрется и дальнейший процесс изме-

нения входного напряжения не будет передаваться на конденсатор C. Конденсатор C начнет постепенно разряжаться через сопротивление нагрузки R. Если R достаточно велико, этот разряд будет происходить медленно, а напряжение на выходе схемы $u_{вых1}$ будет оставаться почти постоянным. Напряжение на входе, имеющее синусоидальный характер, после отрицательной полуволны опять начнет возрастать, и в момент времени t_2 потенциал точки a станет больше потенциала точки $к$. Начнется подзаряд конденсатора C до величины амплитуды входного напряжения. Далее весь процесс повторяется.

Следует отметить, что заряд конденсатора происходит обычно быстро, потому что сопротивление диода достаточно мало (десятки и сотни ом), а разряд — значительно медленнее, так как сопротивление R равно обычно тысячам ом. Выходное напряжение детектора имеет пульсирующий характер (рис. 3-12, *в*). Если взять сопротивление R очень большим, то выходное напряжение будет оставаться почти постоянным. Величина его равна амплитуде входного переменного напряжения. Таким образом, схема обеспечивает преобразование переменного напряжения в постоянное.

При детектировании амплитудно-модулированных колебаний необходимо воспроизводить характер изменения огибающей. Эту задачу также можно выполнять с помощью диодного детектора. На рис. 3-12, *г* показаны осциллограммы напряжений для случая детектирования амплитудно-модулированных колебаний. Выходное напряжение $u_{вых2}$ отражает изменение огибающей входного напряжения. Для того, чтобы выходное напряжение более точно соответствовало огибающей, необходимо, чтобы частота детектируемых колебаний была во много раз больше, чем частота огибающей (рис. 3-12, *д*). Постоянная времени нагрузки детектора (произведение RC) должна быть много больше периода детектируемых колебаний и значительно меньше периода модуляции.

Если постоянная времени нагрузки детектора очень велика по сравнению с периодом изменения огибающей, то такой детектор называется пиковым (максимальным). Это название хорошо отражает сущность его работы. В таком детекторе конденсатор нагрузки заряжается до пикового максимального уровня входного напряжения, после чего выходное напряжение остается практически постоянным в течение достаточно большого периода времени (рис. 3-12, *е*).

Диодные детекторы, обычные и пиковые, широко применяются в телевизорах: первые — в качестве детекторов видеосигнала и в дискриминаторах канала звукового сопровождения, вторые — в выпрямителях, схемах автоматической регулировки усиления и т. п.

3-9. ДИОДНАЯ СХЕМА С РЕГУЛИРУЕМЫМ ВХОДНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ

Рассмотрим еще одно применение схемы, составленной из диода с конденсатором (рис. 3-13, *а*). Входное сопротивление цепочки, состоящей из последовательно соединенных диода и конденсатора (точка aa'), имеет емкостный характер, при этом изменением напряжения на диоде можно регулировать величину общего сопротивления цепи. Напряжение на диод подается от потенциометра R_1 через буферное сопротивление R_2 большой величины. Если менять ве-

личину напряжения на диоде, то проводимость его будет изменяться. Напряжение на потенциометре R_1 может изменяться не только по величине, но и по полярности, поэтому сопротивление диода можно изменять в очень широких пределах, от десятков ом до сотен килоом.

Эквивалентная схема такой цепи показана на рис. 3-13, *б*, где сопротивление $R_{экв1}$ представляет собой меняющееся сопротивление диода. Эту схему можно изобразить и в другом виде (рис. 3-13, *в*), причем емкость ($C_{экв}$) также оказывается переменной. Легко понять, как работает такая цепь. Если сопротивление диода мало (в

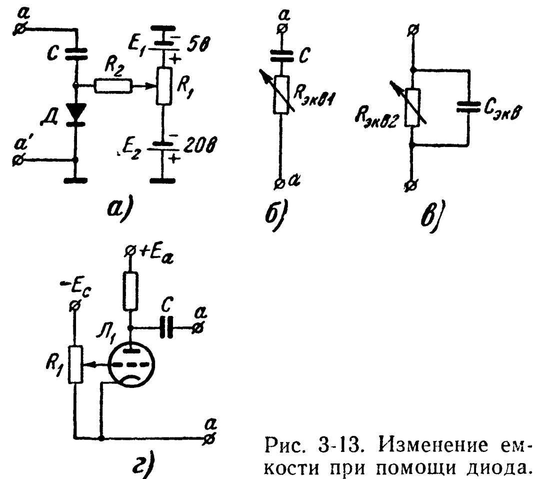


Рис. 3-13. Изменение емкости при помощи диода.

пределе, предположим, оно равно нулю), то входная емкость равна величине *C*. Если сопротивление диода велико, т. е. он заперт, то входная емкость уменьшается. Если цепочку, показанную на рис. 3-13, *а*, подключить параллельно колебательному контуру, то частота настройки контура будет изменяться при изменении положения движка потенциометра R_1. Это объясняется тем, что общее сопротивление цепочки носит емкостный характер, а величина его изменяется при изменении внутреннего сопротивления диода *Д*.

Следует отметить, что собственная емкость некоторых типов диодов также изменяется в зависимости от величины приложенного напряжения.

Такие схемы потенциометрической регулировки емкости применяются в телевизионных схемах автоматической подстройки контура гетеродина, регулировки полосы пропускания УПЧ канала изображения, автоматической защиты видеоканала от перегрузок и пр.

Вместо полупроводникового диода можно применить лампу, у которой внутреннее сопротивление изменяется в зависимости от потенциала управляющей сетки (рис. 3-13, *г*). Процессы, происходящие в этой схеме, те же, что и в диодной, и отображаются теми же эквивалентными схемами.

3-10. ЛАМПОВЫЙ УСИЛИТЕЛЬ С АКТИВНОЙ АНОДНОЙ НАГРУЗКОЙ

Усиление колебаний с помощью электронной лампы основывается на зависимости между анодным током лампы и напряжением, приложенным между управляющей сеткой и катодом.

Если подать на управляющую сетку лампы (рис. 3-14, *а*) некоторое постоянное напряжение смещения $E_{см}$, то через лампу потечет ток I_0. Чтобы усиление сигналов происходило без искажений,

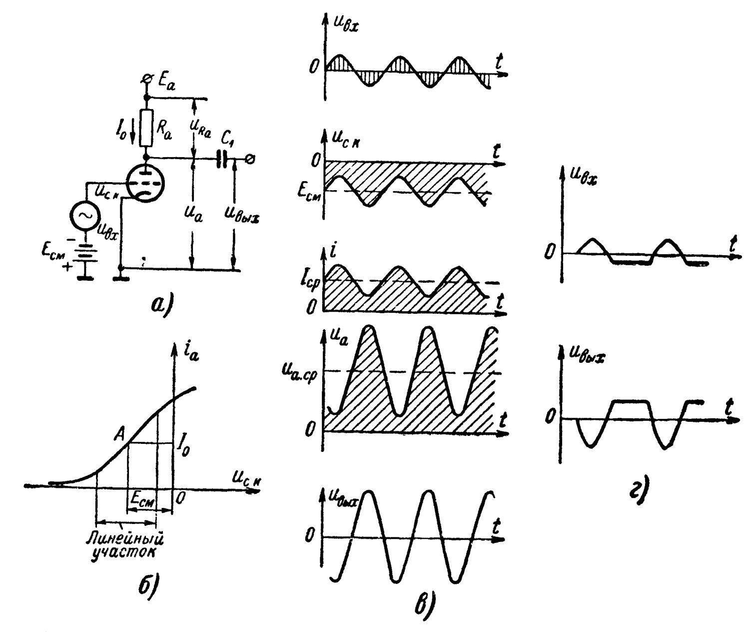


Рис. 3-14. Работа усилителя с нагрузкой в виде сопротивления.

необходимо, чтобы рабочая точка *A* располагалась на линейном участке характеристики лампы. Подадим теперь вместе со смещением $E_{см}$ переменное напряжение $u_{вх}$ (рис. 3-14, *в*), тогда полное напряжение на сетке лампы $u_{с.к}$ в любой момент времени будет отрицательно, если переменное напряжение по амплитуде не превышает величину $E_{см}$. Изменение сеточного напряжения, вызываемое переменной составляющей $u_{вх}$, создает изменение анодного тока i_a, причем сеточное напряжение и анодный ток синфазны, т. е. при увеличении сеточного потенциала возрастает анодный ток.

Изменение анодного тока i_a вызывает изменение напряжения, падающего на анодном сопротивлении R_a, при этом увеличение анодного тока вызывает увеличение напряжения u_{Ra} на сопротивлении

нагрузки $R_а$. Но так как сумма напряжений $u_а$ и $u_{Rа}$ должна всегда быть постоянна и равна напряжению источника E, то при увеличении анодного тока напряжение на аноде лампы $u_а$ падает.

Отфильтруем теперь постоянную составляющую анодного напряжения с помощью конденсатора C_1. Получим переменное выходное напряжение $u_{вых}$. Если сопротивление нагрузки $R_а$ достаточно велико, то амплитуда выходного напряжения может быть во много раз больше, чем амплитуда входного напряжения.

Можно записать

$$u_{вых} = SR_а u_{вх},$$

где S — крутизна анодно-сеточной характеристики лампы.

Таким образом, переменное выходное напряжение $u_{вых}$ отличается по фазе на 180° по сравнению с входным. Иногда неправильно говорят, что лампа при усилении сдвигает напряжения на 180°. Это справедливо только лишь для симметричных напряжений, таких как синусоида. В этом можно легко убедиться из рис. 3-14, *г*, на котором показано входное и усиленное выходное напряжение несинусоидальной формы. Таким образом, лампа не сдвигает напряжение по фазе, а только изменяет полярность.

3-11. ПОЛУЧЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ СМЕЩЕНИЯ ЗА СЧЕТ ТОКА ЛАМПЫ

Напряжение смещения, которое потребовалось в усилителе (рис. 3-14), можно получить и без применения специальной батареи. Ток лампы, протекая по катодному сопротивлению $R_к$ (рис. 3-15), создает на нем падение напряжения $u_к$. При этом потенциал катода оказывается положительным по отношению к «земле» (шасси). А это эквивалентно тому, что сетка отрицательна по отношению к катоду. Конденсатор C, шунтирующий катодное сопротивление, имеющий большую емкость, стабилизирует катодное напряжение и замыкает переменную составляющую тока лампы. Такие схемы получения постоянного смещения на сетке лампы имеют весьма широкое распространение.

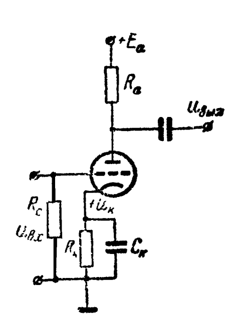


Рис. 3-15. Образование смещения за счет катодного тока лампы.

Напряжение смещения можно также получить, используя эффект детектирования на диоде, функцию которого выполняет участок сетка — катод лампы. Подадим через конденсатор C на сетку лампы импульсное напряжение от источника с малым внутренним сопротивлением (рис. 3-16, *а*). Когда за счет действия импульса потенциал сетки станет положительным по отношению к катоду, сопротивление диода, роль которого выполняет участок сетка — катод лампы, станет малым (около 500—1 000 *ом*). Конденсатор C начнет заряжаться. При этом по цепи сетка — катод протекает сеточный ток (рис. 3-16, *б*). Если емкость C невелика, то к концу импульса на ней окажется напряжение, почти равное амплитуде

импульса с полярностью, показанной на рис. 3-16, *а*. В промежутках между импульсами конденсатор C будет разряжаться через сопротивление утечки R_c. Сопротивление R_c обычно выбирают достаточно большим, поэтому разряд конденсатора C происходит медленно и до прихода следующего импульса на управляющей сетке поддерживается напряжение смещения, почти равное амплитуде импульса.

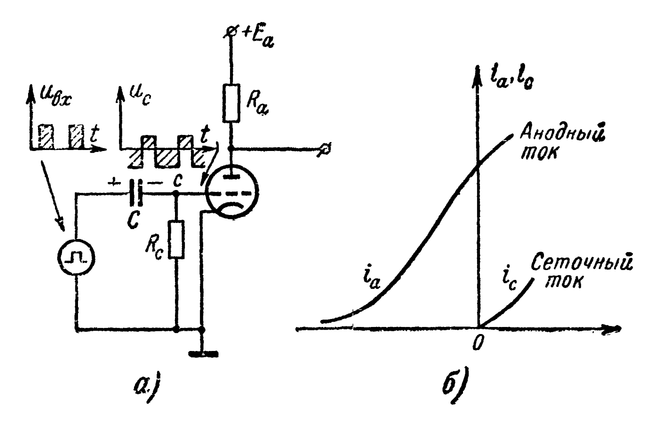


Рис 3-16. Образование смещения за счет сеточных токов.

Если конденсатор C имеет большую емкость, то от каждого импульса он зарядится немного, но после большого числа таких подзарядок смещение опять будет равно амплитуде импульса. Таким образом, входное напряжение оказывается вне области сеточных токов лампы. Только «верхушки» импульсов заходят в область сеточных токов, чтобы подзарядить конденсатор. Происходит таким образом своеобразная фиксация уровня вершин импульсов.

Такой способ образования смещения можно применять, если допустимы некоторые искажения сигналов, поэтому он применяется преимущественно в импульсных схемах синхронизации и АРУ и т. д.

3-12. УСИЛИТЕЛЬ С АНОДНОЙ НАГРУЗКОЙ, СОСТОЯЩЕЙ ИЗ ЦЕПИ RL

В качестве анодной нагрузки, кроме активного сопротивления, в усилителе могут применяться разнообразные комбинации элементов R, L и C. Если анодная нагрузка представляет собой последовательную цепь из R_a и L_a (рис. 3-17), то коэффициент усиления такого усилителя, а следовательно, и амплитуда выходного сигнала $U_{вых}$ будет расти с повышением частоты f входного сигнала. Это произойдет потому, что сопротивление индуктивности переменному току возрастает с частотой, а следовательно, увеличивается и полное сопротивление анодной нагрузки. Усилители такого типа применяются для

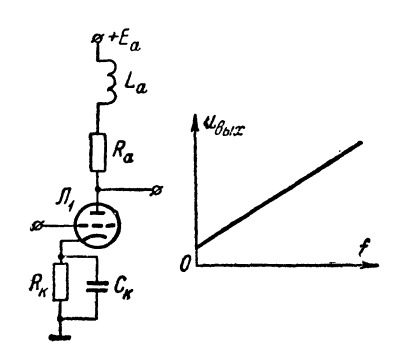


Рис. 3-17. Усилитель с RL нагрузкой.

усиления телевизионных видеосигналов. Подъем частотной характеристики в области высоких частот целесообразен вследствие того, что высокие частоты спектра значительно ослабляются в тракте передачи телевизионного сигнала.

3-13. РЕЗОНАНСНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ

Если в качестве анодной нагрузки лампы усилителя используется параллельный колебательный контур LC (рис. 3-18,*а*), то на резонансной частоте контура, для которой его сопротивление максимально, усиление каскада также будет максимально. Полоса пропускания такого усилителя определяется полосой пропускания контура. Для расширения полосы пропускания усилителя параллельно контуру включают сопротивление $R_ш$ (штриховая линия на рис. 3-18, *а*).

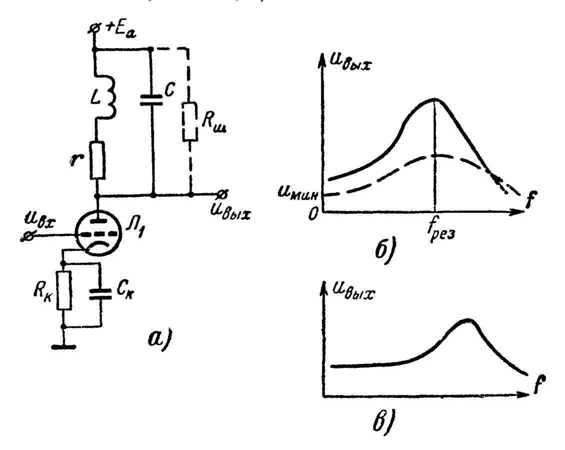


Рис. 3-18. Резонансный усилитель.

Следует отметить, что на очень низких частотах коэффициент усиления такого каскада определяется сопротивлением r (рис. 3-18,*а*). Если сопротивление r достаточно велико (около нескольких килоом), то усиление на низких частотах получается достаточно большим, при этом на высоких частотах, определяемых величинами L и C, усиление возрастает (рис. 3-18, *в*).

3-14. ПОЛОСОВОЙ УСИЛИТЕЛЬ

Полосовой усилитель, равномерно усиливающий сигнал в широкой полосе частот, можно получить, если в качестве анодной нагрузки использовать систему связанных контуров (рис. 3-19, *а*). Такой усилитель имеет некоторые преимущества перед обычным резонансным усилителем (рис. 3-18), так как при той же полосе пропускания можно получить больший коэффициент усиления.

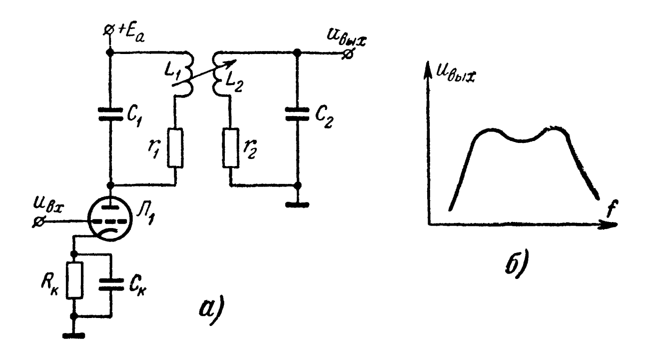


Рис. 3-19. Полосовой усилитель.

Помимо простейшего полосового контура в качестве анодной нагрузки иногда применяют более сложные типы контуров.

3-15. ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ

Обратная связь часто используется в радиоэлектронике. Сущность обратной связи поясняется на рис. 3-20. Если обратная связь отсутствует, то выходной эффект (например, выходное напряжение

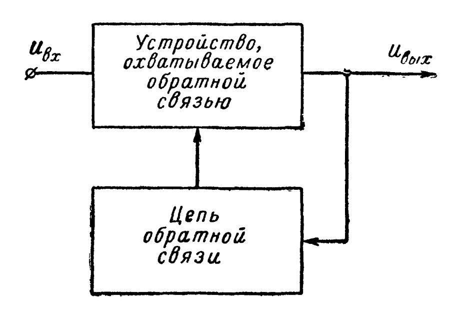


Рис. 3-20. Принцип обратной связи.

усилителя) определяется только величиной входного напряжения и параметрами схемы.

При обратной связи выходное напряжение используется для обратного воздействия на входную цепь схемы. Например, если часть выходного напряжения звукового усилителя в соответствующей полярности и фазе подать на управляющую сетку одной из ламп этого усилителя, то звуковые искажения могут быть уменьшены. Если же изменить полярность напряжения обратной связи, то в усилителе могут возникнуть собственные колебания.

В схеме с обратной связью следует различать собственно устройство, охваченное обратной связью, и цепи обратной связи. Если обратная связь приводит к самовозбуждению устройства, то она называется положительной. Обратная связь называется «отрицательной», если она препятствует самовозбуждению.

Положительная обратная связь используется в генераторах синусоидальных колебаний, блокинг-генераторах, мультивибраторах и т. д. Отрицательная обратная связь используется главным образом в усилителях для уменьшения склонности к самовозбуждению и для уменьшения искажений усиливаемого сигнала.

3-16. ГЕНЕРАТОР *LC*

Генераторы синусоидальных колебаний применяются в телевизорах в качестве гетеродинов при частотном преобразовании (гетеродировании) как задающие генераторы строчной развертки и т. п.

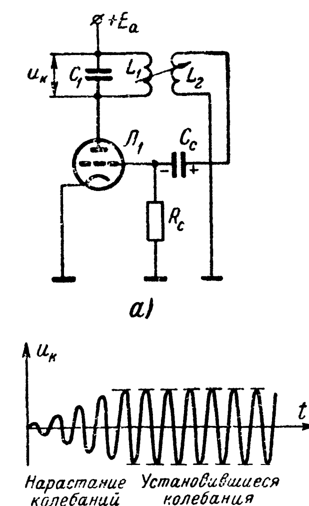


Рис. 3-21. Генератор синусоидальных колебаний.

Любой генератор содержит усилительную схему и цепь положительной обратной связи. На рис. 3-21, *а* показана схема генератора синусоидальных колебаний с резонансным *LC* контуром. Лампа вместе с контуром L_1C_1 образует резонансный усилитель, который имеет максимальный коэффициент усиления на резонансной частоте контура. С катушкой L_1 колебательного контура связана индуктивно катушка связи L_2. С этой катушки напряжение поступает на управляющую сетку усилительной лампы.

Колебания в схеме возникают следующим образом. После включения генератора в элементах, присоединенных к сеточной цепи лампы, протекают флуктуационные токи различных частот. Колебательный контур L_1C_1 выделяет из всех этих колебаний только те, которые по частоте близки к резонансной частоте контура. Часть этого усиленного напряжения через катушку связи подается обратно на сетку лампы. Суммарное управляющее напряжение на сетке увеличивается. Это в свою очередь еще больше

увеличивает напряжение на контуре. Процесс нарастания напряжения мог бы продолжаться бесконечно, однако этому препятствует то, что с ростом амплитуды переменного напряжения на сетке начинается процесс амплитудного ограничения сигнала за счет сеточных токов и других факторов. Поэтому в схеме устанавливаются стабильные по амплитуде колебания, которые не могут уменьшиться из-за положительной обратной связи и не могут увеличиться из-за ограничений амплитуды. Это, конечно, весьма упрощенное объяснение процесса генерации, но оно в общих чертах отражает физическую сущность работы генератора. Процесс нарастания и установления колебаний в генераторе показан на рис. 3-21,*б*.

Существуют различные разновидности схем генераторов, однако принцип действия любого из них основан на использовании положительной обратной связи, напряжение которой может подаваться на управляющую сетку лампы не только с помощью катушки связи L_2, но также и с помощью конденсатора связи.

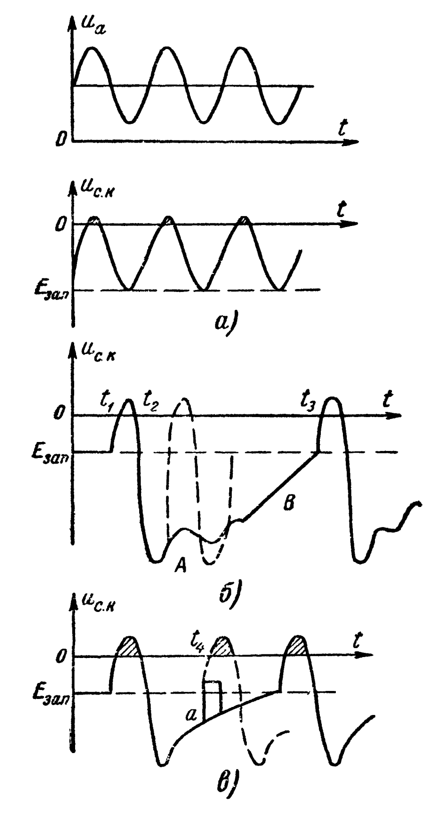


Рис. 3-22. Работа блокинг-генератора.

3-17. БЛОКИНГ-ГЕНЕРАТОР

Если в генераторе, показанном на рис. 3-21, увеличить связь между катушками L_1 и L_2 так, чтобы на управляющую сетку поступало почти все напряжение, развиваемое на первичном контуре, то он будет генерировать не синусоидальные колебания, а импульсные и будет называться блокинг-генератором. Процессы в блокинг-генераторе довольно сложны, поэтому пока рассмотрим несколько упрощенную модель его работы.

Если бы связь между катушками L_1 и L_2 была небольшой, то анодное $u_а$ и сеточное $u_{с.к}$ напряжения были бы такими, как показано на рис. 3-22, *а*. Сеточное напряжение лишь слегка заходило бы в положительную область сеточных токов и колебания были бы почти синусоидальными. Если в генераторе значительно (в 3—4 раза)

увеличить связь между катушками L_1 и L_2, то сеточное напряжение будет далеко заходить в область сеточных токов, а это вызовет появление большого напряжения на конденсаторе C_c (он зарядится за время t_2—t_1). Таким образом, после первой же полуволны колебаний лампа запрется отрицательным напряжением на сетке.

Затем начнется постепенный разряд конденсатора C_c через сопротивление R_c. Когда напряжение на управляющей сетке лампы до-

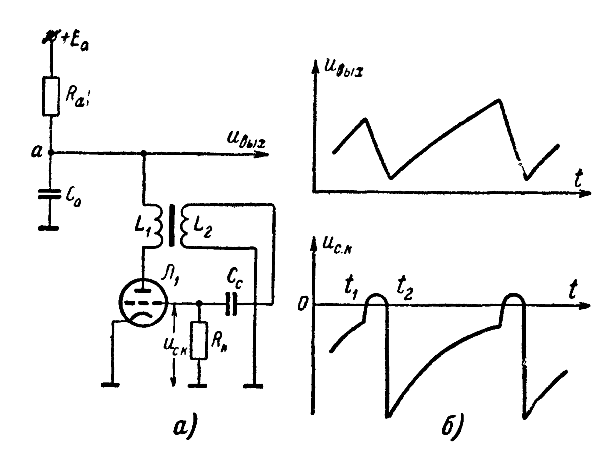


Рис. 3-23. Получение пилообразного напряжения с помощью блокинг-генератора.

стигнет величины, достаточной для отпирания лампы, то опять возникнут условия для генерации, но первая же полуволна колебаний, вызвав большой сеточный ток, опять запрет лампу, и процесс повторится. На рис. 3-22, *б* сплошной линией показана кривая сеточного напряжения $u_{с.к}$ лампы блокинг-генератора. Штриховая линия показывает кривую напряжения, которое могло быть, если бы отсутствовал блокинг-эффект (эффект самозапирания лампы).

Из рис. 3-22, *в* видно, что если в момент времени t_4 на управляющую сетку подать импульс такой амплитуды, чтобы полное напряжение на сетке превысило уровень $E_{зап}$, то опять возникнет блокинг-эффект. Это свойство блокинг-генератора широко используется для синхронизации генераторов строчной и кадровой разверток.

Блокинг-генератор иногда применяют в схемах развертки для получения напряжения пилообразной формы.

Источником питания анодной цепи лампы $Л_1$ (рис. 3-23, *а*) при этом служит заряженный конденсатор $C_а$. В остальном схема в точности соответствует схеме блокинг-генератора.

В то время, когда на сетке лампы напряжение положительно (t_1—t_2), конденсатор $C_а$ весьма быстро разряжается через отпертую лампу $Л_1$. Затем, когда лампа блокинг-генератора запрется, конденсатор $C_а$ постепенно зарядится от источника анодного напряжения

$E_а$ через сопротивление $R_а$. На рис. 3-23, *б* показан процесс формирования пилообразного напряжения. Если постоянная времени цепи $R_а C_а$ велика, то пилообразное напряжение весьма близко по форме к линейному.

Глава четвертая

ПРОЦЕССЫ, ПРОИСХОДЯЩИЕ В УЗЛАХ ТЕЛЕВИЗОРА

4-1. КАНАЛ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Почти все современные телевизоры имеют одинаковый по своей структуре канал изображения, функциональная схема которого изображена на рис. 4-1.

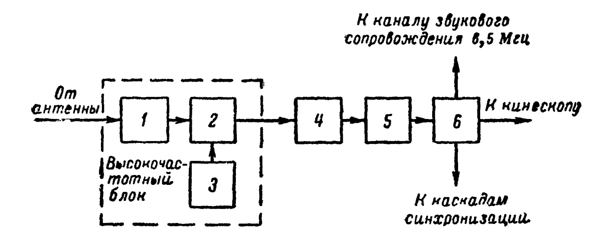


Рис. 4-1. Функциональная схема канала изображения.

1 — УВЧ; *2* — смеситель; *3* — гетеродин; *4* — УПЧ; *5* — видеодетектор; *6* — видеоусилитель.

Принятый антенной высокочастотный сигнал, представляющий собой смесь сигналов изображения и звукового сопровождения, поступает в высокочастотный блок, обведенный штриховой линией на рис. 4-1. На выходе высокочастотного блока получаются сигналы промежуточной частоты изображения и звука данного телевизионного канала. Затем происходит усиление сигналов промежуточной частоты (блок *4*) и детектирование (блок *5*). Выделенный детектором сигнал усиливается видеоусилителем (блок *6*) и поступает к катоду или управляющему электроду кинескопа для модуляции электронного луча. Кроме видеосигнала, на выходе детектора в результате биений промежуточных частот изображения (34,25 *Мгц*) и звука (27,75 *Мгц*) образуется сигнал частоты 6,5 *Мгц*. Этот сигнал, несущий звуковую

информацию (в виде частотной модуляции), поступает в канал звукового сопровождения. Кроме того, видеосигнал с выхода видеоусилителя подается в цепи синхронизации.

Рассмотрим некоторые особенности построения канала изображения. Усилитель высокой частоты *1*, смеситель *2* и гетеродин *3* выделены в отдельный блок не только в схемном отношении, но и конструктивно. Это оказалось необходимым по следующим причинам. В этом блоке происходит прежде всего селекция необходимых сигналов из всей смеси сигналов, поступающих на вход телевизора. В отличие от вещательных радиоприемников, где на прием какой-либо станции настраиваются плавно путем изменения емкости блока переменных конденсаторов, в телевизоре для каждого телевизионного канала имеется своя система контуров, заранее настроенная на прием сигналов именно этого канала. Это сделано потому, что полоса частот, занимаемая всеми станциями, весьма велика и очень трудно было бы выполнить схему, обеспечивающую хорошее сопряжение всех контуров при перестройке.

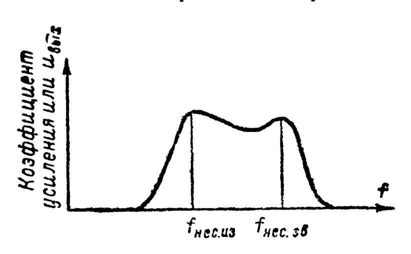


Рис. 4-2. Частотная характеристика блока ПТК.

Все контуры помещаются на барабане, который может поворачиваться и занимать одно из нескольких (например, двенадцати) фиксированных положений. В каждом фиксированном положении с помощью контактов к схеме подключается система контуров, настроенная на соответствующие частоты данного канала. Вращающиеся части требуют жесткой конструкции, что легко получить в отдельном блоке. Кроме того, схема, содержащаяся в блоке высокой частоты, должна быть тщательно экранирована от внешних полей. Если телевизор расположен далеко от телецентра, то принятые антенной сигналы весьма слабы, и проникание в блок посторонних сигналов может сильно исказить изображение и звук. Во всех современных телевизорах применяется стандартный (унифицированный) блок высокой частоты, называемый ПТК (переключатель телевизионных каналов), который изготавливается как самостоятельный узел. Для удобства замены блок сочленяется с УПЧ с помощью штепсельного разъема.

На рис. 4-2 изображена частотная характеристика блока ПТК на одном из каналов. Эта характеристика представляет собой зависимость амплитуды сигнала на выходе блока от частоты входного напряжения постоянной амплитуды. Из рис. 4-2 видно, что блок достаточно хорошо усиливает сигналы каналов звука и изображения.

Блок ПТК в среднем дает усиление около 30. Детектор вместе с видеоусилителем даст десятикратное усиление сигнала. Для того чтобы определить, каково должно быть усиление блока УПЧ, отметим, что минимальное входное напряжение равно примерно 40 *мкв*, а выходное напряжение, подаваемое на кинескоп, должно быть равно 40 *в*. Следовательно, полное усиление всего тракта составляет 1 *млн*. Таким образом, блок УПЧ должен усиливать сигнал примерно в 3 000—4 000 раз. Если каждый каскад УПЧ усиливает сигнал в

7—8 раз, то потребуется четырехкаскадный УПЧ. Практически оказывается, что блок ПТК дает иногда значительно большее усиление, так что полный коэффициент усиления всего тракта составляет 3—4 *млн*. Однако из-за шумовых напряжений, возникающих в самом ПТК, такое большое усиление не приводит к увеличению чувствительности телевизора.

4-2. БЛОК ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

На рис. 4-3 в упрощенном виде показана схема типового высокочастотного блока. Сигнал из антенны поступает к зажимам AA', затем через высокочастотный повышающий трансформатор L_1, L_2 — на двухкаскадный усилитель высокой частоты (лампы $Л_1$ и $Л_2$) с анодной нагрузкой во втором каскаде в виде полосового фильтра (L_4,

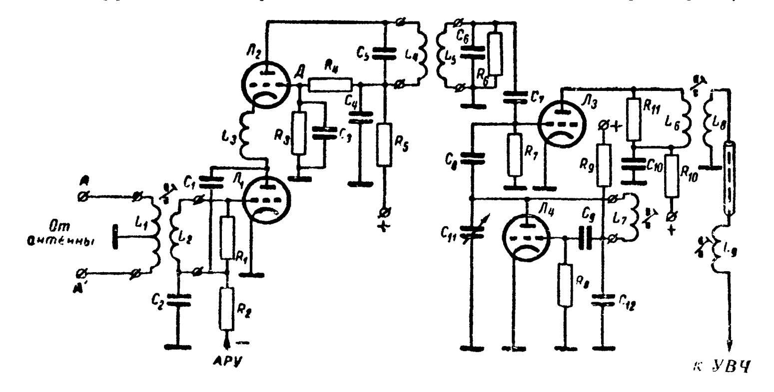


Рис. 4-3. Принципиальная схема блока высокой частоты.

L_5). Со вторичной обмотки этого фильтра сигнал поступает на сетку лампы смесителя $Л_3$, куда через конденсатор C_8 одновременно подается сигнал от гетеродина $Л_4$. Анодная нагрузка смесителя настроена на промежуточную частоту и представляет собой понижающий трансформатор L_6, L_8, вторичная обмотка которого L_8 через шлейф связана с выходной катушкой L_9.

Согласование выходного сопротивления антенного кабеля с входным сопротивлением УВЧ. Телевизионная антенна соединяется с входными цепями усилителя высокой частоты при помощи кабеля. Для того чтобы в кабеле не возникали нежелательные процессы, связанные с отражением радиосигналов от его концов, нагрузка кабеля со стороны телевизора должна быть оптимальной и равна волновому сопротивлению кабеля. Промышленность выпускает экранированный коаксиальный кабель с волновым сопротивлением 75 *ом* и неэкранированный симметричный кабель с волновым сопротивлением 300 *ом*. Конструкция этих кабелей показана на рис. 4-4, *а*.

Входные цепи телевизора также могут быть симметричными или несимметричными. Вход, показанный на рис. 4-3,— симметричный, в

этом случае удобно использовать для соединения телевизора с антенной симметричный кабель. В некоторых случаях, например при большом уровне местных импульсных помех, целесообразнее применять коаксиальный кабель. Для подключения несимметричного кабеля к симметричному входу УВЧ необходимо применить переходное устройство, один из простейших вариантов которого показан на рис. 4,4, *б*. Первичная обмотка трансформатора L_1 подключается между центральной жилой и оплеткой кабеля, а вторичная обмотка

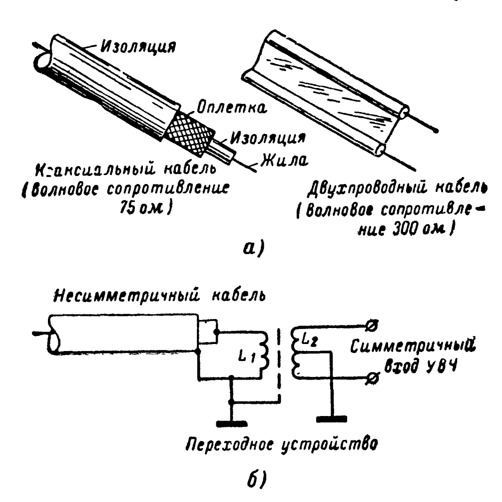


Рис. 4-4. Подключение кабеля к входу УВЧ.

имеет два симметричных (относительно корпуса) вывода. Для получения более точной симметрии вторичной обмотки между катушками L_1 и L_2 располагается немагнитный (электростатический) экран, который устраняет нежелательную емкостную связь между несимметричной первичной катушкой и симметрированной вторичной.

В главе шестой мы познакомимся с некоторыми другими типами переходных симметрирующих устройств.

Усилители высокой частоты. Рассмотрим более подробно схему показанного на рис. 4-3 усилителя высокой частоты. Эта схема несколько необычна: она состоит из двух триодов ($Л_1$ и $Л_2$), причем триод $Л_2$ входит в состав анодной нагрузки триода $Л_1$. Такую схему принято называть каскодной. Применение каскодной схемы в усилителе высокой частоты позволяет до некоторой степени уменьшить влияние внутренних (флуктуационных) шумов усилителя на каналы изображения и звукового сопровождения. Дело в том, что даже при поддержании постоянных напряжений на всех электродах лампы анодный ток содержит переменную, хаотически изменяющуюся (флуктуирующую) составляющую, обусловленную неравномерностью вылета электронов с катода. Эта составляющая получила название тока «дробового эффекта».

Хаотический (флуктуационный) дробовой ток, накладываясь на полезный сигнал, усиливается вместе с ним в последующих каскадах приемника. Если полезный сигнал имеет небольшую величину, то флуктуационная помеха может сбить синхронизацию или создать на экране кинескопа сильную хаотическую засветку, мешающую наблюдению изображения. Но ведь от телевизора требуется, чтобы он нормально работал при малом полезном сигнале, т. е. имел высокую чувствительность. Следовательно, для повышения чувствительности требуется уменьшить уровень флуктуационных помех в приемнике. Для этого прежде всего надо собирать такие усилительные лампы, для которых флуктуационный шум, обусловленный дробовым эффектом, имеет минимальное значение. Из существующих типов ламп наименьшими шумовыми токами обладают триоды с большой крутизной анодно-сеточной характеристики (6Н3П, 6Н14П и др.). Однако применить триод на входе телевизора в обычном его включении не всегда удается из-за неустойчивой его работы в области высоких частот. Эта неустойчивость прежде всего определяется наличием между электродной емкости участка анод — управляющая сетка лампы. Через эту емкость переменное напряжение, имеющееся в анодной цепи, может проникнуть на сетку лампы в такой фазе, что может возникнуть положительная обратная связь и каскад начнет генерировать собственные колебания вместо того, чтобы работать в усилительном режиме. В пентодах между анодом и управляющей сеткой имеется экранирующая сетка, которая во много раз уменьшает емкость участка анод — сетка. Однако в качестве входной лампы блока высокой частоты пентод применять нежелательно из-за того, что шумовой ток у пентода значительно больше, чем у триода.

Исследования показали, что одной из лучших схем высокочастотного усилителя, обладающей минимальными собственными шумами, является каскодная схема, построенная на двух триодах, причем у первого триода заземлен по высокой частоте катод, а у второго управляющая сетка (через емкость C_3, показанную на рис. 4-3).

Входное сопротивление первого каскада (по управляющей сетке) достаточно велико, поэтому возможно получение даже некоторого усиления сигнала на входном трансформаторе.

Можно сказать, что каскодная схема, изображенная на рис. 4-3 ($Л_1$, $Л_2$), представляет собой двухкаскадный усилитель, у которого первый каскад работает на триоде с заземленным катодом, а второй то же на триоде, но по высокой частоте с заземленной сеткой. Особенность соединения этих дух каскадов состоит в наличии у них общей цепи анодного тока. Так как обе лампы $Л_1$ и $Л_2$ однотипны, то на каждой из них (на участке анод — катод) падает примерно одинаковое напряжение до 100—120 *в*.

Анодной нагрузкой первого каскада служит колебательный контур, составленный из индуктивности L_3 (рис. 4-5) и различных паразитных емкостей, подключенных к аноду первого каскада (C_1') и катоду второго каскада (C_2'). Каскад с заземленной сеткой ($Л_2$) обладает той особенностью, что входное сопротивление его очень мало (оно примерно равно обратной величине крутизны характеристики лампы и составляет 150—200 *ом*). На рис. 4-5 это сопротивление условно изображено в виде $R_{вх2}$. Сопротивление $R_{вых1}$, эквивалентное выходному сопротивлению первого каскада, примерно равно 1—3 *ком*.

Контур, образованный элементами L_3, C_1', C_2' и шунтирующими сопротивлениями $R_{\text{вых}1}$ и $R_{\text{вх}2}$, обладает весьма низкой добротностью (Q=4—6). Поэтому большого усиления первый каскад дать не может (до 1,2—1,5). Однако если этот контур настраивать на рабочие частоты высокочастотных телевизионных каналов (область 150 *Мгц*), где усилительная способность ламп ухудшается, то благодаря контуру L_3, C_1', C_2' все же удается несколько поднять усиление. Благодаря этому при работе на высокочастотных каналах удается получить примерно такое же усиление, как и на каналах с меньшими рабочими частотами.

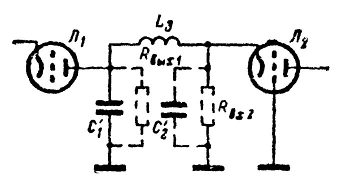


Рис. 4-5. Схема П-образного фильтра, расположенного между каскадами УВЧ.

Для повышения устойчивости работы первого каскада применяют мостовую схему нейтрализации влияния междуэлектродной емкости участка анод — сетка лампы $Л_1$. Из схемы на рис. 4-3 видно, что часть анодного напряжения через конденсатор C_1 подается в цепь управляющей сетки лампы $Л_1$. Работу цепи этой обратной связи лучше всего проследить по эквивалентной схеме, изображенной на рис. 4-6, *а*. Конденсаторы $C_{\text{вх}}$ и $C_{\text{а.с}}$ представляют собой междуэлектродные емкости лампы, параллельно соединенные с емкостями ламповых панелей и монтажными. С точки зрения передачи энергии

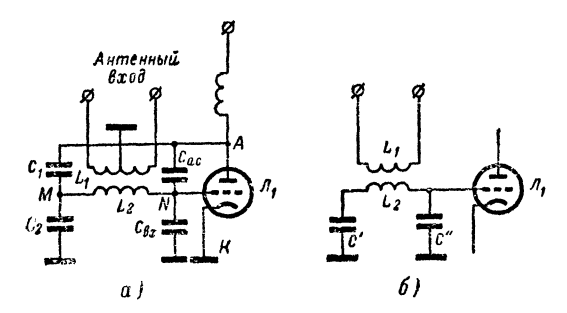


Рис. 4-6. Схема мостовой нейтрализации проходной емкости.

сигнала из антенны в цепь управляющей сетки лампы $Л_1$ схема представляет собой П-образный колебательный контур (рис. 4-6, *б*). Емкость C' есть сумма емкостей C_1 и C_2, а C'' — сумма $C_{\text{вх}}$ и $C_{\text{а.с}}$. Контур, образованный катушкой L_2 (конечно, с учетом влияния катушки L_1 и выходного сопротивления антенного кабеля), вместе с конденсаторами C' и C'' настраивается на среднюю частоту данного телевизионного канала. Каждый из 12 каналов имеет свой собственный трансформатор L_1L_2.

Из рис. 4-6 видно, что схема нейтрализации представляет собой «мост», который можно сбалансировать, если подобрать элементы

так, чтобы удовлетворялось соотношение $C_1/C_2=C_{a.c}/C_{вх}$. При этом изменение напряжения между точками KA (на участке анод — катод лампы) не вызовет никакого изменения напряжения между точками MN.

Отметим основные достоинства такой схемы включения входного контура:

1) Так как емкости C' и C'' включены в контур последовательно, то результирующая емкость, определяющая резонансную частоту контура, уменьшается по сравнению с тем значением, которое она имеет при обычном включении контура. Таким образом, расширяется частотный диапазон входной цепи.

2) Так как C_1 выбирают равной $C_{a.c}$, а C_2 — равной $C_{вх}$, то схема оказывается совершенно симметричной по отношению к входному контуру с катушкой L_1, и можно с успехом применять открытый двухпроводный кабель.

3) Очень важно и то, что напряжение гетеродина, которое неизбежно проникает из смесителя в анодную цепь лампы $Л_1$, не передается во входной контур, а следовательно, не попадает в антенну. В противном случае высокочастотный сигнал с частотой гетеродина, излученный антенной, мог бы оказаться серьезной помехой для соседних телевизоров.

4) При изменении напряжения смещения на управляющей сетке любой лампы меняется величина входной емкости $C_{вх}$. Так как эта емкость входит в общую емкость контура, то при изменении смещения на сетке лампы происходила бы расстройка сеточного контура. В рассматриваемой схеме (рис. 4-3) через сопротивление R_2 на управляющую сетку лампы $Л_1$ от цепей автоматической регулировки усиления подается отрицательное напряжение, которое меняется в зависимости от величины приходящего сигнала. Оказывается, при такой схеме включения контура вредное влияние изменения входной емкости частично компенсируется Это происходит вследствие того, что при последовательном включении емкостей C' и C'' влияние нестабильной емкости $C_{вх}$ уменьшается.

Входная цепь (рис. 4-3) представляет собой повышающий высокочастотный трансформатор. Общее усиление входной цепи (отношение напряжения на управляющей сетке лампы $Л_1$ к напряжению между точками AA') составляет примерно 1,4; на высокочастотных каналах эта величина падает до 1,1—1,2.

Параметры входной цепи выбирают такими, чтобы входное сопротивление (между точками AA') на средних частотах данного канала составляло 300 *ом* и 75 *ом* между точкой A (или A') и корпусом. Это необходимо для того, чтобы сопротивление стандартных кабелей, подводящих энергию из антенны, можно было легко согласовать с входным сопротивлением радиотракта.

Сопротивление R_5 и конденсатор C_4 (рис. 4-3) образуют анодный фильтр, предотвращающий попадание в УВЧ помех и проникание сигналов высокой частоты в цепи питания. Сопротивления R_3 и R_4 образуют делитель постоянного напряжения, обеспечивающий в точке $Д$ напряжение, немного меньшее, чем напряжение на катоде лампы $Л_2$. За счет этого на управляющей сетке лампы $Л_2$ создается отрицательное смещение необходимой величины.

Интересная особенность каскодной схемы (рис. 4-3) состоит в том, что при запирании лампы $Л_1$ напряжением АРУ, поданным через сопротивление R_2, постоянное напряжение на аноде лампы $Л_1$

возрастает, а так как на управляющей сетке лампы $Л_2$ напряжение фиксировано делителем R_3, R_4, то лампа $Л_2$ тоже запирается. Это обеспечивает довольно сильную зависимость коэффициента усиления всего УВЧ от напряжения АРУ, что желательно с точки зрения увеличения эффективности системы АРУ.

Анодная нагрузка второго каскада УВЧ представляет собой двухконтурный полосовой фильтр с индуктивной связью (C_5L_4, L_5, C_6, R_6), частотная характеристика которого имеет вид двугорбой кривой

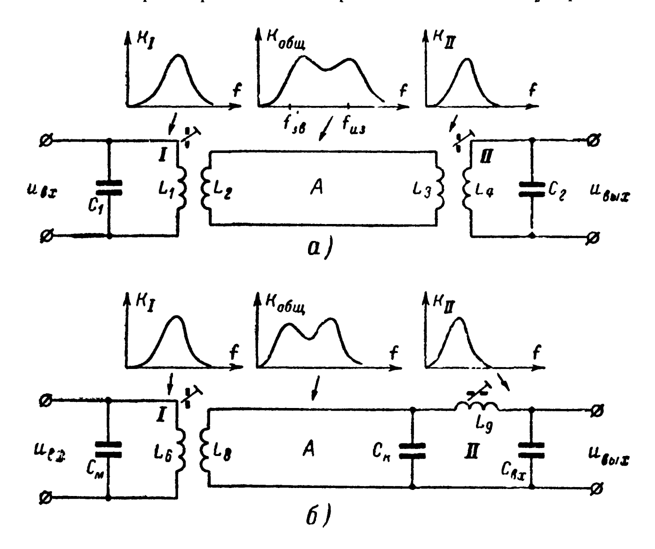


Рис. 4-7. Схемы шлейфовой связи между контурами.

в области частот данного телевизионного канала. Общий коэффициент усиления УВЧ (отношение напряжения высокой частоты на сетке лампы смесителя $Л_3$ к напряжению на входе между точками AA') составляет примерно 10—12. При пересчете на входное сопротивление 75 *ом* усиление УВЧ составляет примерно 20—25.

Смеситель. На управляющую сетку лампы смесителя $Л_3$ (рис. 4-3) одновременно подаются высокочастотный телевизионный сигнал $f_{т.с}$ через конденсатор C_7 и сигнал гетеродина $f_г$ через конденсатор C_8. В анодной цепи смесителя имеются всевозможные комбинации этих частот, но анодный контур смесителя, настроенный на разностную частоту $f_г — f_с$, имеет полосу пропускания, достаточную для пропускания спектра сигналов изображения и зукового сопровождения, перенесенных в область промежуточных частот.

Колебательная система анодной цепи смесителя представляет собой полосовой фильтр со шлейфовой связью между двумя контурами. На рис. 4-7, *а* показана схема двухконтурного полосового фильтра со связью между контурами, осуществляемой с помощью двухпроводной линии — шлейфа. Каждый из контуров C_1, L_1 и C_2,

L_4 имеет одногорбую частотную характеристику, а вся система в целом — двугорбую (с расширенной полосой пропускания), как это показано на рисунке.

Такая схема полезна тогда, когда необходимо передать сигнал из одного контура в другой на значительное расстояние. Линией передачи обычно служит экранированный кабель, имеющий значительную емкость. Чтобы емкость этого кабеля не влияла сильно на резонансные частоты контуров, число витков катушек L_2 и L_3 делают значительно меньше числа витков катушек L_1 и L_4. Блок высокой частоты обычно несколько удален от первой лампы УПЧ, поэтому он соединяется гибким кабелем длиной 250—350 *мм*, имеющим емкость примерно 25 *пф*.

В блоке ПТК в качестве вторичного контура применен П-образный контур $C_к$, L_9, $G_{вых}$ (рис. 4-3 и 4-7, *б*). Здесь $C_м$ — монтажная емкость катушки L_9, роль емкости $C_к$ играет емкость кабеля, а емкости $C_{вх}$ —входная емкость первой лампы УПЧ вместе с различными монтажными емкостями. В катушках L_6 и L_9 имеются сердечники, с помощью которых можно настроить систему и получить необходимую полосу пропускания.

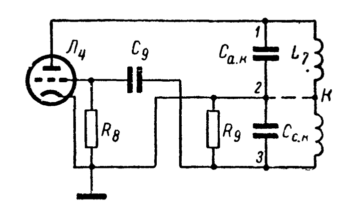


Рис. 4-8. Эквивалентная схема генератора-трехточки.

Гетеродин. Гетеродин, собранный на лампе $Л_4$ (рис. 4-3), представляет собой триодный генератор, работающий по схеме емкостной «трехточки». Это название происходит от того, что колебательный контур имеет три вывода (*1*, *2*, *3*), которыми он соединяется с лампой. Эквивалентная схема гетеродина показана на рис. 4-8. Емкость $C_{а.к}$ представляет собой сумму междуэлектродной емкости участка анод — катод лампы $Л_4$, подстроечного конденсатора C_{11} (рис. 4-3) и монтажных емкостей. Емкость $C_{с.к}$ также эквивалент аналогичных емкостей на участке сетка — катод. Для правильной работы необходимо, чтобы емкость $C_{с.к}$ была в 3—4 раза больше емкости $C_{а.к}$ (при этом делитель напряжения, составленный из емкостей $C_{а.к}$ и $C_{с.к}$, обеспечивает необходимое напряжение обратной связи между анодной и сеточной цепями лампы). Для стабилизации напряжения обратной связи, изменяющегося в зависимости от емкости конденсатора настройки C_{11}, включена емкость C_{12} (рис. 4-3). Анодное напряжение подается через сопротивление R_9. Из эквивалентной схемы видно, что сопротивление R_9 шунтирует ту часть контура, которая имеет бóльшую емкость $C_{с.к}$. Такое подключение сопротивления R_9 позволяет получить большую добротность контура.

Если бы сопротивление R_9 было подключено непосредственно к аноду, то его шунтирующее действие увеличилось бы и добротность контура, а следовательно, и его стабильность ухудшились бы. Из рис. 4-8 видно, что по законам образования мостовых схем существует некоторая точка K на катушке, которая по высокой частоте имеет потенциал катода, т. е. нулевой потенциал. Конечно, при перестройке частоты гетеродина с помощью конденсатора настройки C_{11} соотношение между емкостями делителя $C_{а.к}$ и $C_{с.к}$, а следовательно, и положение нейтральной точки несколько меняется, однако

изменение потенциала в точке K будет при этом незначительно. Если через эту нейтральную точку питать анод, то вообще не будет уменьшения добротности. Однако делать специальный вывод гетеродинной катушки технологически неудобно, поэтому на практике почти всегда применяют схему, изображенную на рис. 4-3.

Из рис. 4-3 видно, что напряжение гетеродина подается на сетку лампы смесителя через конденсатор C_8. Напряжение от гетеродина на сетке смесителя имеет величину порядка 3—4 *в*, благодаря чему на сопротивлении утечки сетки R_7 возникает постоянное смещение примерно такой же величины.

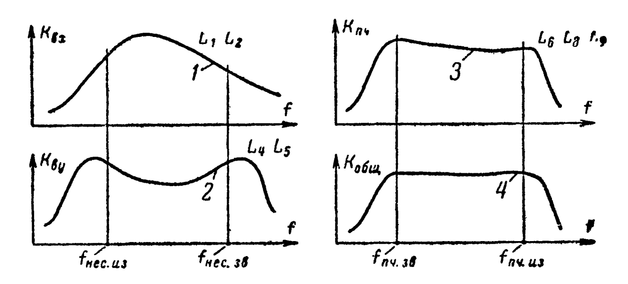


Рис. 4-9. Частотные характеристики отдельных участков ПТК.

1 — входной цепи; *2* — УВЧ; *3* — смесителя; *4* — сквозная.

Помимо этого способа подачи сигнала от гетеродина в смеситель, часто встречается и другой способ. Катушки L_5 и L_7 конструктивно находятся близко друг от друга, и напряжение, наведенное в катушке L_5, также поступает на сетку смесителя. Надо сказать, что в некоторых блоках ПТК конденсатор C_8 вообще отсутствует: связь между гетеродином и смесителем осуществляется только путем взаимоиндукции между катушками L_5 и L_7.

Сейчас в блоках ПТК в качестве смесителя стали применять лампы 6Ф1П, специально разработанные для этой цели. Несмотря на то, что шумы такого смесителя несколько возрастают, имеется ряд соображений, заставляющих применять в качестве смесителя пентод. Дело в том, что промежуточная частота сигнала изображения (34 *Мгц*) близка к высокой частоте первого телевизионного канала (50 *Мгц*), поэтому в случае триодного смесителя перестройка анодной цепи смесителя требует перестройки полосового фильтра УВЧ. Это затрудняет правильную и быструю настройку блока и иногда приводит к паразитной генерации в смесителе. Кроме того, на пентоде удается получить несколько большее усиление, чем на триоде.

Общее усиление блока высокой частоты составляет примерно 30.

В заключение приведем частотные характеристики отдельных контуров блока высокой частоты (рис. 4-9) Следует обратить внимание на то, что полоса пропускания всех контуров несколько шире, чем необходимо, так как «сквозная» характеристика несколько су-

жается. Частотная характеристика входной цепи несколько асимметрична; для того чтобы результирующая кривая была симметрична, низкочастотный горб характеристики полосового фильтра поднимают на 20—30%.

4-3. УСИЛИТЕЛЬ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ КАНАЛА ИЗОБРАЖЕНИЯ

Количество каскадов УПЧ. УПЧ канала изображения обычно состоит из трех или четырех каскадов. Считается более целесообразным применять один каскад в видеоусилителе и четыре каскада в УПЧ. Коэффициент усиления видеоусилителя равен примерно 20,

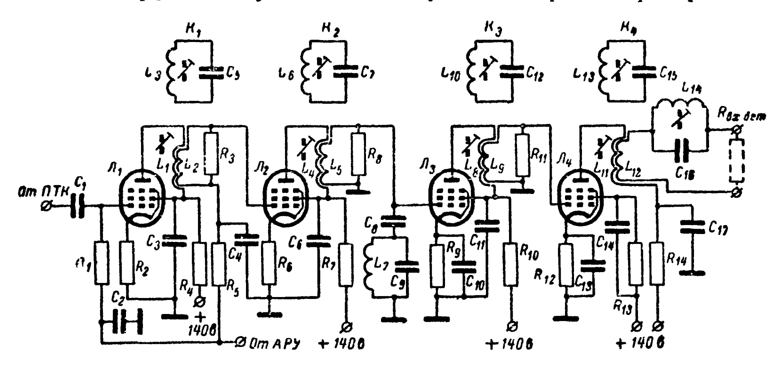


Рис. 4-10. Принципиальная схема УПЧ канала изображения.

следовательно, при выходном видеосигнале в 40 *в* (что необходимо для получения хорошего изображения на экране кинескопа) на выходе детектора должен быть видеосигнал с амплитудой 2 *в*. Так как коэффициент передачи напряжения детектора равен примерно 0,5, то на вход детектора должен поступать сигнал промежуточной частоты с амплитудой 4 *в*. В таком режиме диодный детектор работает очень хорошо и точно воспроизводит видеосигнал. Если же применить еще один каскад в видеоусилителе (с усилением, примерно равным 10), то с детектора необходимо снимать видеосигнал в 0,2 *в*. При таком малом напряжении детектор искажает видеосигнал, так как его характеристика в области входных напряжений до 0,5 *в* нелинейна.

Применение четырехкаскадного усилителя промежуточной частоты выгодно еще и потому, что большое количество резонансных контуров, разделенных лампами, позволяет легко сформировать необходимую частотную и фазовую характеристики УПЧ. Помимо основных контуров, дающих усиление сигнала, в формировании характеристики участвуют еще и так называемые режекторные контуры, уменьшающие усиление на мешающих частотах.

Типовая схема УПЧ. На рис. 4-10 показана принципиальная схема усилителя промежуточной частоты, по типу которой сконструированы УПЧ телевизоров «Темп», «Знамя» и др. Несмотря на свою

простоту, эта схема обладает рядом достоинств. Дело в том, что такая схема УПЧ, где используются обычные одиночные контуры, позволяет получить минимальные фазовые искажения и, кроме того, в такой схеме имеется жесткая связь между фазовой и частотной характеристиками: пологой (равномерной) части частотной характеристики соответствует линейный участок фазовой характеристики. Каналы УПЧ в настоящее время настраивают только по частотным характеристикам. Отсюда понятно, что жесткая связь между частотной и фазовой характеристиками в большей степени облегчает регулировку телевизора.

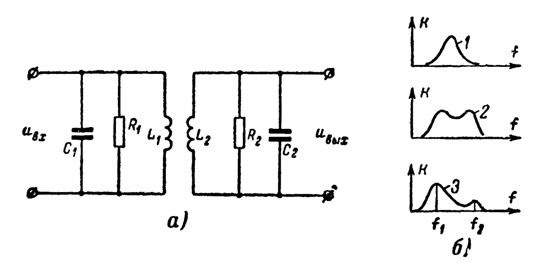


Рис. 4-11. Частотные характеристики полосового фильтра при различной связи между контурами.

Формирование частотной характеристики УПЧ. В канале УПЧ изображения формируется частотная характеристика всего тракта. Как указывалось, особенность этой характеристики заключается в том, что она имеет пологий скат со стороны промежуточной частоты канала изображения (34,25 *Мгц*). Рассмотрим, каким путем формируется частотная характеристика УПЧ из характеристик одиночных контуров.

Каждый из контуров имеет частотную характеристику, свойственную одиночному контуру, несмотря на то, что в анодах ламп стоят двухконтурные системы. На рис. 4-11 показана эквивалентная схема анодной нагрузки одного каскада. Здесь под C_1 подразумевается сумма емкостей, подключенных к одной катушке (выходная емкость лампы, емкость монтажа, собственная емкость катушки L_1); C_2 — сумма входной емкости следующей лампы, емкости монтажа и т. п.; сопротивления R_1 и R_2 соответственно эквивалентны выходному сопротивлению предыдущей лампы и входному сопротивлению последующей. В состав R_1 и R_2 могут входить также и сосредоточенные сопротивления, включенные в схему для расширения полосы пропускания контура.

Особенность такой резонансной системы состоит в том, что связь между катушками L_1 и L_2 очень велика. На рис. 4-11, *б* показаны частотные характеристики системы при различных степенях связи. При максимально возможной связи (кривая *3*) частотные расстояния между «горбами» становятся очень большими, а провал в середине характеристики — значительным. Если при этом оба контура, образующие колебательную систему (L_1C_1 и L_2C_2), взятые сами по себе, настроены на различные частоты или если их добротности не-

одинаковы, то результирующая частотная характеристика при этом оказывается несимметричной, как показано на нижнем графике. Как правило, такая несимметрия имеет место, если емкость C_2 в 2—3 раза больше емкости C_1, а индуктивности катушек L_1 и L_2 одинаковы (поэтому резонансные частоты контуров различны). Это различие между контурами стараются еще более усугубить тем, что либо ко вторичному контуру подключают дополнительную сосредоточенную емкость, либо все дополнительные элементы, вносящие емкость (режекторы, цепи изменения формы характеристики и т. п.), подключают ко вторичному контуру, емкость которого больше.

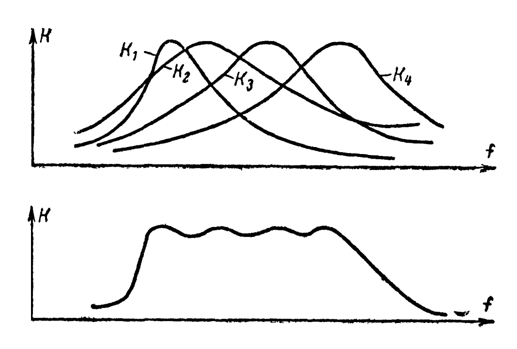


Рис. 4-12. Формирование частотной характеристики УПЧ с помощью одиночных контуров.

Отсюда понятно, что для усиления используется только тот подъем характеристики, который выше; обычно он лежит на более низкой частоте, чем второй подъем. Форма частотной характеристики на частотах большего подъема почти точно совпадает с частотной характеристикой одиночного контура. Второй меньший подъем удален на 15—20 *Мгц* и в 10—15 раз ниже первого, поэтому его не принимают во внимание. Такого рода колебательная система очень широко распространена. В этой схеме отсутствует переходный конденсатор между анодом предыдущей лампы и сеткой последующей, что удешевляет телевизор.

На рис. 4-12 показано, как с помощью четырех одногорбых частотных характеристик формируется характеристика УПЧ. Чтобы правый фронт характеристики был пологим, надо, очевидно, чтобы характеристика контура K_4 была пологой.

Контур K_1, формирующий в основном левый скат, имеет бóльшую добротность и бóльшую остроту резонансной характеристики.

Некоторая волнистость характеристики на средних частотах не имеет большого значения, если она лежит в пределах $\pm 15\%$.

Однако частотная характеристика, полученная в такой системе со взаимно расстроенными контурами, еще не обладает достаточной избирательностью по отношению к мешающим сигналам. Для окончательного формирования частотной характеристики используются

режекторные или отсасывающие контуры, с помощью которых резко снижается усиление на некоторых мешающих частотах соседних каналов.

Схема режекции. Все существующие схемы режекции основаны на резонансных свойствах *LC* контуров. Эти резонансные свойства используются для того, чтобы уменьшить усиление УПЧ на некоторых определенных частотах.

В качестве основного типа режекторного контура используется последовательная *LC*-цепочка (рис. 4-13, *а*); иногда для режекции применяется параллельный *LC* контур (рис. 4-13, *б*).

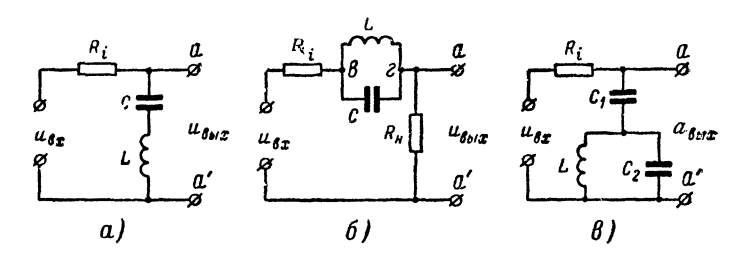


Рис. 4-13. Некоторые виды режекторных контуров.

Если внутреннее сопротивление R_i источника $u_{вх}$ не очень велико (рис. 4-13, *а*), то добротность всего последовательного контура велика и получится явно выраженный последовательный резонанс, т. е. режекция получается «острой». Принцип режекции заключается в следующем: при резонансе образуется делитель напряжения, состоящий из внутреннего сопротивления источника R_i и весьма малого резонансного сопротивления цепи (точки *аа'*). Сигнал подавляемой (режектируемой) частоты, снимаемый с зажимов *аа'*, почти целиком падает на сопротивлении R_i, значительно большем, чем резонансное сопротивление цепи *LC*. На выходе схемы напряжение режектируемой частоты имеет весьма незначительную величину.

На рис. 4-13, *б* показана схема, в которой для режекции используется параллельный колебательный контур *LC*. На резонансной частоте сопротивление контура между точками *в* и *г* максимально. Образуется делитель напряжения из сопротивления R_i, очень большого резонансного сопротивления контура и сопротивления нагрузки $R_н$. Режектируемый сигнал на выходе схемы (точка *а—а'*) оказывается подавленным. Острая настройка режекторного контура получается, если суммарное сопротивление, шунтирующее контур ($R_i+R_н$), достаточно велико, а следовательно, и добротность контура тоже велика.

Если сопротивление R_i велико, то добротность контура мала, полоса пропускания становится широкой и поэтому имеет место подавление сигнала в широкой полосе частот. В этом случае (когда R_i велико) используется другая схема (рис. 4-13, *в*), в которой часть емкости *С* подключается параллельно катушке *L*. При этом затухание, вносимое сопротивлением R_i в контур, уменьшается благодаря ослаблению связи между сопротивлением R_i и контуром. Но сопро-

тивление контура, состоящего из элементов C_1, C_2 и L, при резонансе достаточно мало, и опять получится эффект подавления (режекции). Для каждой величины R_i существует оптимальное соотношение между емкостями C_1 и C_2, обеспечивающее наибольшую режекцию.

Распространен еще один тип режектора, который представляет собой замкнутый контур L_1C_1, индуктивно связанный с основным усиливающим контуром (рис. 4-14). На резонансной частоте полное сопротивление контура L_1C_1 минимально (равно очень малому активному сопротивлению катушки L_1). Таким образом, для резонансной частоты получается своего рода короткозамкнутый виток, более или менее сильно связанный с катушкой основного контура L_2. Отбор энергии этим витком при резонансе (на частоте режекции) вызывает уменьшение усиления каскада.

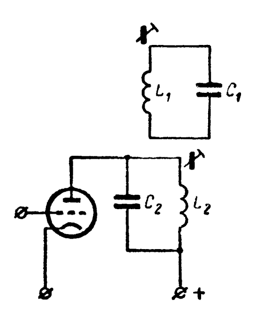


Рис. 4-14. Индуктивный режекторный контур.

На рис. 4-15 показаны принципиальные схемы некоторых режекторных фильтров и их частотные характеристики. Сплошные кривые A изображают частотные характеристики анодных контуров без учета режекции. Эти кривые представляют собой зависимость амплитуды сигнала высокой частоты в точке A схемы от частоты входного напряжения $u_{вх}$, имеющего постоянную амплитуду. Если учесть влияние режекторных контуров, то частотные характеристики каскадов пойдут так, как указано штриховыми линиями A'. Мы видим, что в каждом случае слева от «провала» частотной характеристики образуется подъем, который, вообще говоря, нежелателен, так как он может оказаться источником различных помех и неустойчивости усиления. Для устранения этих «выбросов» частотной характеристики стараются, чтобы каждый режектор давал не слишком большое ослабление сигнала. Следует обратить внимание на способ режекции, показанный на рис. 4-15, *в*; при этом способе выброс характеристики оказывается минимальным.

На графиках рис. 4-15 показаны также частотные характеристики, снятые в точках B. С этих точек обычно снимают колебания звуковой промежуточной частоты. Отсюда видно, что не всегда максимальное подавление совпадает с получением максимального по амплитуде сигнала звуковой промежуточной частоты. Неправильное включение режекторных контуров, предназначенных для подавления сигналов звукового сопровождения, приводит иногда к так называемому «несовпадению изображения со звуком». Схема, показанная на рис. 4-15, *в* — наилучшая, так как максимальная режекция совпадает с максимумом сигнала ПЧ звука.

На рис. 4-16 в логарифмическом масштабе показана частотная характеристика УПЧ, отнесенная к высокочастотному спектру сигнала. Такой масштаб позволяет выявить поведение характеристики в области малых усилений. «Седла» на характеристике образовались в результате включения режекторных контуров.

При рассмотрении вопроса о постройке УПЧ надо учесть то обстоятельство, что на управляющую сетку последней лампы УПЧ поступает сигнал, уже значительно усиленный предыдущими каскада-

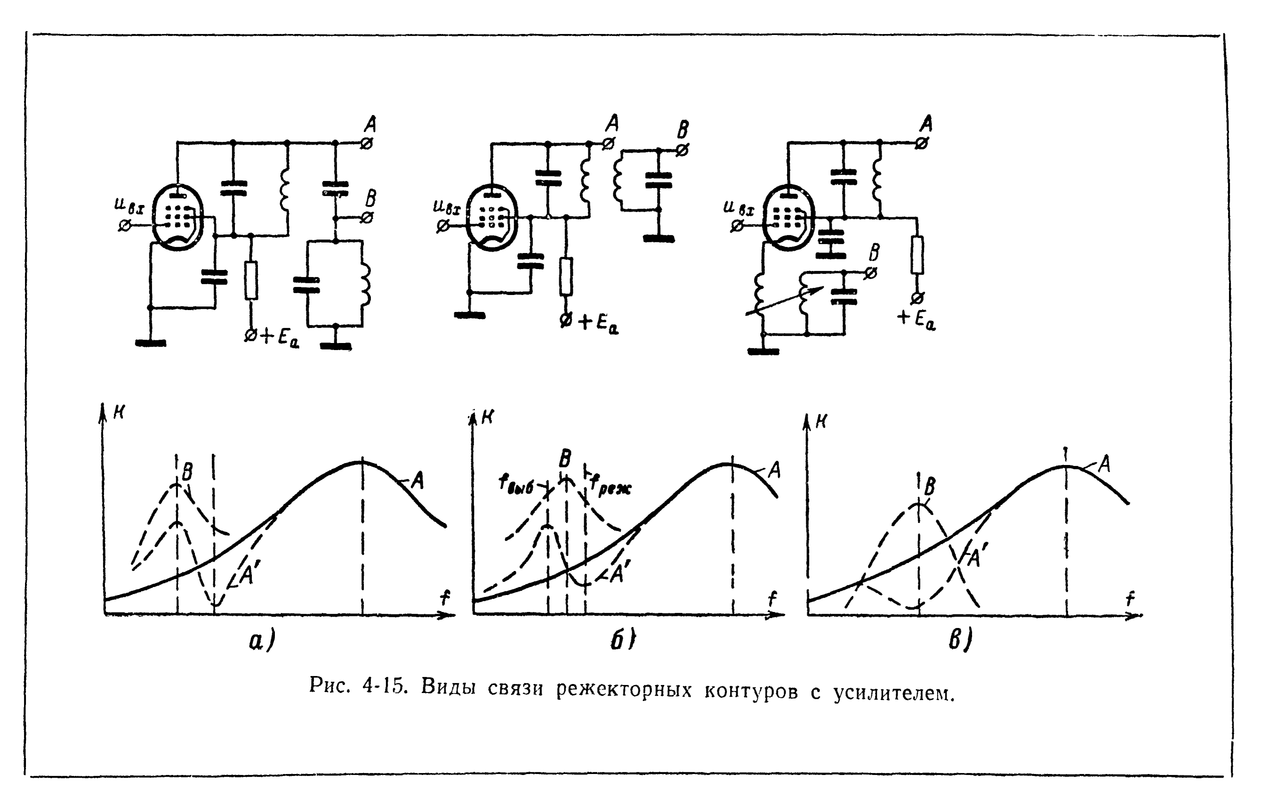


Рис. 4-15. Виды связи режекторных контуров с усилителем.

ми. Наибольшее усиление этот каскад дает на частоте, для которой его анодная нагрузка является резонансной. Чтобы этот каскад и на других, не резонансных частотах, обеспечил такое же напряжение на детекторе, что и на резонансной частоте, необходимо на управляющую сетку последней лампы подать большее напряжение. Это приведет к ограничению сигнала, так как его амплитуда может оказаться очень большой. В лампе появится сеточный ток. С увеличением входного сигнала на управляющей сетке лампы прежде всего начинает ухудшаться синхронизация, а затем и само изображение. Так

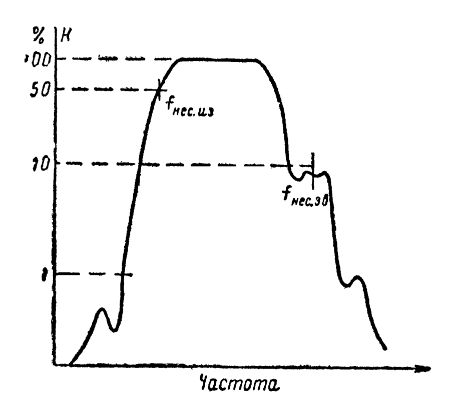


Рис. 4-16. Частотная характеристика канала изображения.

как спектр частот, занимаемый сигналами синхронизации, сосредоточен вблизи промежуточной частоты, то целесообразно анодную систему последнего каскада УПЧ настраивать на частоты, близкие к промежуточной частоте (35,25 *Мгц*). Частота настройки остальных контуров может выбираться в более широких пределах.

Помимо описанного способа формирования частотной характеристики с помощью одиночных контуров, в некоторых телевизорах применяется схема фильтра УПЧ, изображенная на рис. 4-17, *а*. Эта схема при сравнительно небольшом числе элементов дает хорошую форму частотной характеристики с большим ослаблением на частотах соседних каналов. Полная характеристика УПЧ образуется с помощью этого контура и еще двух трех одиночных контуров.

Такой фильтр прост по конструкции и настройке. На рис. 4-17, *б*, *в* и *г* показаны распространенные схемы межкаскадной связи УПЧ. На рис. 4-17, *б* и *в* элементом связи между каскадами служит небольшое сопротивление $R_{св}$ (сотни ом). Это обеспечивает известную независимость настройки контуров УПЧ, составленных из индуктивностей L_1 и L_2, а также емкостей ламп и монтажа. Частотная характеристика такого фильтра имеет вид двугорбой кривой. Провал характеристики на средних частотах устраняется усилением одиночных контуров. На рис. 4-17, *в* схема дополнена двумя режекторными контурами (L_3C_2 и L_4C_3). С помощью этих режекторов (их может

быть и больше двух) формируются скаты частотной характеристики. В последнее время некоторое распространение получила схема двухконтурного фильтра с емкостной связью между контурами (рис. 4-17, *г*).

Автоматическая регулировка усиления в УПЧ. В усилителе промежуточной частоты канала изображения с помощью системы автоматической регулировки усиления (АРУ), воздействующей на каскады УПЧ, размах видеосигнала поддерживается постоянным при из-

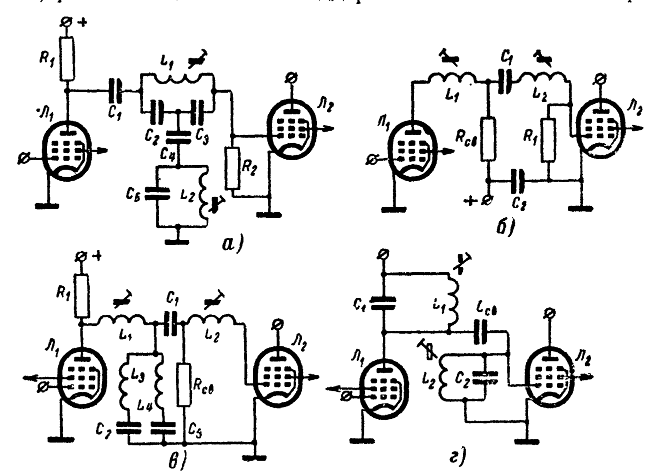


Рис. 4-17. Некоторые типы межкаскадной связи в УПЧ канала изображения.

менениях амплитуды входного сигнала, а также при переходе с одного телевизионного канала на другой. Это позволяет сохранять постоянным уровень сигнала, необходимый для нормальной работы амплитудного селектора системы синхронизации и тем самым обеспечивать устойчивость синхронизации при изменении силы принимаемого сигнала. Кроме того, за счет работы системы АРУ поддерживается постоянная средняя яркость изображения при изменении силы принимаемого сигнала.

Система автоматической регулировки усиления (АРУ) вырабатывает отрицательное напряжение, пропорциональное величине приходящего телевизионного сигнала. Это напряжение подается в качестве смещения на управляющие сетки нескольких ламп УПЧ. При увеличении интенсивности телевизионного сигнала напряжение смещения на управляющих сетках ламп $Л_1$ и $Л_2$ (рис. 4-10) увеличивается и их усиление уменьшается. Фильтр, образованный элементами C_2, R_5, C_4, предотвращает попадание на управляющие сетки регулируемых ламп нежелательных сигналов.

При изменении смещения на управляющих сетках ламп $Л_1$ и $Л_2$ меняются их входные емкости. Чтобы скомпенсировать расстройку контуров, вызванную этими изменениями входных емкостей, катод-

ные сопротивления ламп $Л_1$ и $Л_2$ конденсаторами не заблокированы. Возникшая благодаря этому обратная отрицательная связь уменьшает изменение входной емкости лампы при регулировке смещения.

Ручная перестройка частотной характеристики УПЧ. В ряде типов телевизоров предусмотрена возможность изменения формы частотной характеристики УПЧ. Необходимость в такой регулировке вызвана следующими причинами. Опыт эксплуатации телевизоров показал, что в зависимости от местных условий приема, а также от качества и настройки антенны для получения наилучшего изобра-

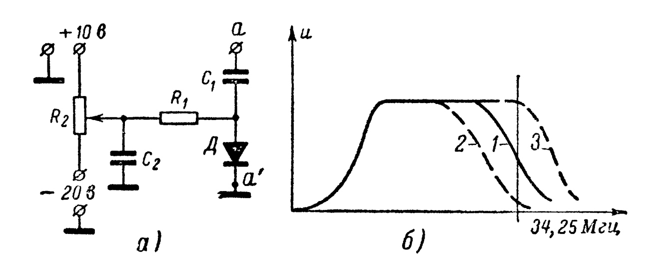


Рис. 4-18. Изменение частотной характеристики УПЧ.

жения уровень усиления в области промежуточной частоты сигнала изображения (34, 25 *Мгц*) должен составлять по оси амплитуд на частотной характеристике 20—80% от максимума. Поэтому в телевизорах предусматривается специальный регулятор формы частотной характеристики, с помощью которого телезритель легко может установить тот или иной уровень усиления в области частоты 34,25 *Мгц*. Наибольшее распространение получил способ перестройки лишь одного из контуров УПЧ, который в основном формирует фронт частотной характеристики. Перестраивать можно путем изменения емкости или индуктивности контура Наибольшее распространение получил способ перестройки контура схемой с диодом (рис. 4-18, *а*). При изменении потенциометром R_2 напряжения, подаваемого на диод *Д*, сопротивление его меняется в больших пределах. В результате этого общее сопротивление между точками *аа'*, имеющее емкостный характер, изменяется примерно от величины C_1 (когда диод полностью отперт) до величины, равной примерно нулю (когда диод заперт). Если точку *а* подключить к контуру УПЧ, настроенному на частоту 34,25 *Мгц*, то при изменении положения движка потенциометра R_2 будет изменяться частота настройки этого контура. Кривая *1* соответствует нормальной настройке контура (некоторое среднее положение движка потенциометра R_2). Кривая *2* соответствует верхнему положению движка, когда диод отперт, и вся емкость C_1 подключена параллельно к перестраиваемому контуру. Кривая *3* будет в том случае, когда диод заперт (движок внизу). Сопротивление R_1 поставлено для того, чтобы малое внутреннее сопротивление источников питания (вблизи крайних положений движка потенциометра) не шунтировало диод. Кроме того, потенциометр R_2 обычно удален от

схемы УПЧ, поэтому чтобы в УПЧ не проникали паразитные сигналы, конденсатор C_2 помещают вблизи перестраиваемого контура.

Особенности УПЧ с раздельными каналами усиления сигналов изображения и звукового сопровождения. Необходимо указать особенности настройки УПЧ при раздельных каналах изображения и звука (телевизоры «Темп-2», «Авангард» и др.). В этом случае непосредственно с анодной цепи лампы смесителя или с первых каскадов УПЧ с помощью отсасывающего контура снимается сигнал

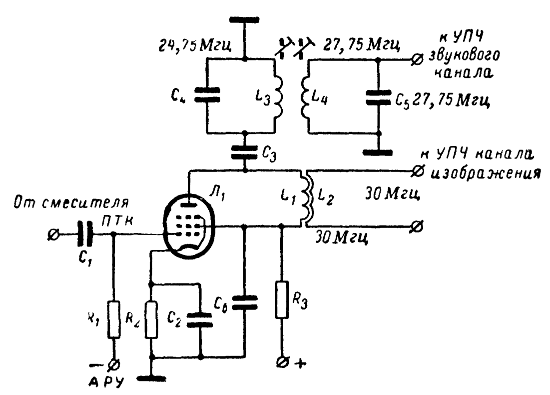


Рис. 4-19. Схема разделения канала изображения и звукового канала.

промежуточной частоты звука (27,75 *Мгц*). Этот сигнал подается в самостоятельный канал усиления, настроенный на частоту 27,75 *Мгц*. На рис. 4-19 приведена схема первого каскада УПЧ, в анодной цепи которого происходит разделение сигналов. Непосредственно к резонансной системе каскада подключен режекторный контур, настроенный на одну из мешающих частот — 24,75 *Мгц*. Полоса режекции этого контура достаточно широкая, так что он отбирает и сигнал частоты 27,75 *Мгц*. С катушкой этого режекторного контура L_3 слабо связан отсасывающий контур L_4C_5, настроенный на промежуточную частоту сигнала звука 27,75 *Мгц*. Таким образом, получается трехконтурный фильтр, создающий, во-первых, хорошую селекцию сигнала звукового канала, что уменьшает возможность попадания сигнала изображения в звуковой тракт; во-вторых, такая система создает хорошую развязку между отбирающим контуром L_4C_5 и основной колебательной системой (L_1, L_2). Такая развязка позволяет вести раздельную регулировку сигналов в каналах изображения и звука.

В остальном схема УПЧ канала изображения телевизора с раздельными трактами почти не отличается от ранее описанной, за исключением того, что в каскадах, следующих за разделительным каскадом, вводится большое ослабление сигнала частоты 27,75 *Мгц*, так как в этом случае сигнал звукового сопровождения представляет собой только помеху.

4-4. ВИДЕОДЕТЕКТОР

Выходной сигнал УПЧ канала изображения поступает на вход видеодетектора. В настоящее время в телевизорах широко применяют детекторы на диодах, так как они обладают высокой надежностью и вносят очень небольшие искажения. Видеодетектор выполняет две задачи: во-первых, он выделяет огибающую промежуточной частоты сигнала изображения, т. е. видеосигнал; во-вторых, он, как нелинейный прибор, смешивает промежуточные частоты сигналов изображения и звука, в результате чего образуется сигнал на второй промежуточной частоте звукового канала 6,5 *Мгц*.

Влияние гармоник в нагрузке детектора. Остановимся на некоторых особенностях работы детектора в телевизоре. На рис. 4-20, *а* показана схема детектора, а на рис. 4-20, *б* — напряжения в различных точках схемы. Напряжение $u_а$, имеющее амплитудную модуляцию, преобразуется детектором в пульсирующее напряжение $u_в$. Это пульсирующее напряжение можно представить как сумму составляющей u_0, которая есть не что иное, как видеосигнал изображения и ряда высокочастотных компонент, представляющих собой гармоники промежуточной частоты (u_1, u_2, u_3 и т. д.), которые могут быть соизмеримы с частотами, присутствующими в спектре сигнала в тракте УПЧ. Так как спектр сигнала, проходящего через УПЧ, занимает полосу около 5—5,5 *Мгц*, то некоторые гармоники выходного напряжения детектора совпадут по частоте с составляющими входного сигнала. Эти гармоники могут различными путями попадать на антенный вход телевизора или на первые каскады УПЧ. Следовательно, образуется замкнутое кольцо обратной связи, что может привести к самовозбуждению.

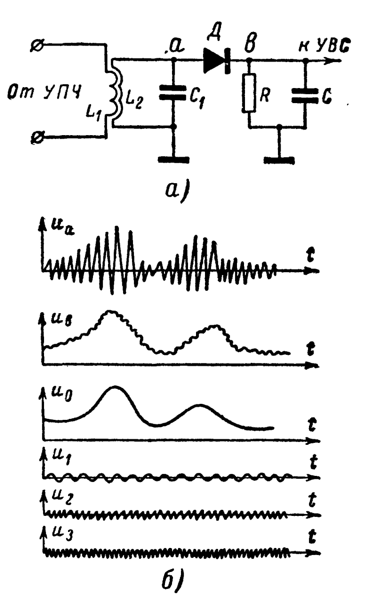


Рис 4-20. Работа видеодетектора.

Проблема защиты канала от паразитных гармоник выходного напряжения детектора стала особенно актуальной, когда чувствительность телевизоров значительно повысилась и даже небольшие связи между нагрузкой детектора и входными цепями телевизора вызывают искажение частотной характеристики тракта и даже иногда самовозбуждение.

Чтобы уменьшить уровень высокочастотного сигнала в нагрузке детектора, можно увеличить емкость конденсатора *С* (рис. 4-20), но больше 10—20 *пф* ее увеличивать нельзя, так как этот конденсатор образует вместе с выходным сопротивлением детектора интегриру-

ющий фильтр, «срезающий» высокочастотные составляющие самого видеосигнала, что уменьшает четкость изображения.

Эффективное подавление высокочастотных гармоник напряжения в нагрузке детектора дает широко применяемая в современных телевизорах схема с фильтрующим дросселем в цепи нагрузки

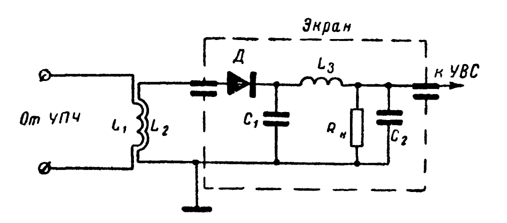


Рис. 4-21. Экранирование видеодетектора.

детектора (рис. 4-21). Все детали схемы, обведенные штриховой линией, должны быть тщательно экранированы. Выходное напряжение диода фильтруется дросселем L_3 и конденсаторами C_1 и C_2. Дроссель должен иметь небольшую собственную емкость, тогда его фильтрующее действие распространяется до очень высоких частот.

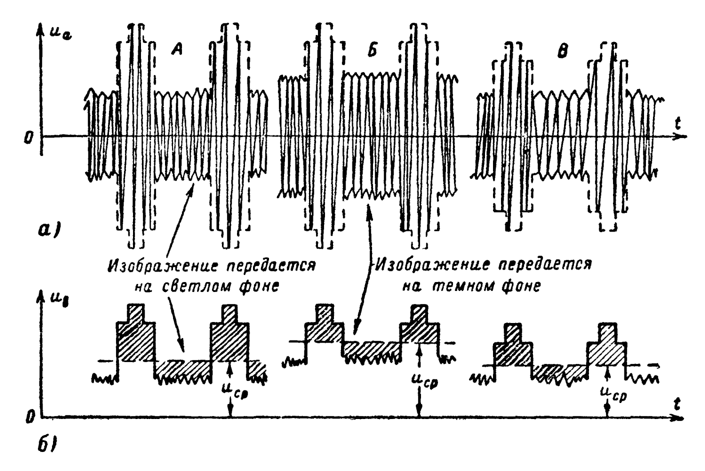


Рис. 4-22. Зависимость величины постоянной составляющей видеосигнала от интенсивности сигнала и характера изображения.

Постоянная составляющая выходного сигнала детектора. Рассмотрим теперь вопрос о постоянной составляющей напряжения, возникающего в нагрузке детектора. Это необходимо знать для получения правильной связи детектора с видеоусилителем, а также для построения системы АРУ. Обратимся к рис. 4-22, *а*. Высокочас-

тотные сигналы промежуточной частоты *А* и *Б* отличаются тем, что изображение в случае сигнала *Б* передается на более темном фоне, чем в случае сигнала *А*. Сигнал *В* отличается от сигналов *А* и *Б* тем, что его максимальный уровень (вершины синхроимпульсов) ниже. Это уменьшение сигнала на выходе УПЧ может произойти, например, в случае если недалеко от дома, где расположен телевизор, пролетит самолет и своим металлическим корпусом нарушить распределение электромагнитного поля; отраженная от самолета радиоволна может попасть в антенну в неблагоприятной фазе по отношению к прямой волне. В этом случае должна сработать система АРУ и поддержать сигнал на выходе УПЧ постоянным. Какое же напряжение, или какой участок видеосигнала, можно использовать для построения системы автоматического регулирования коэффициента усиления канала изображения? Из рис. 4-22, *б* видно, что вершины синхроимпульсов сохраняются на одном и том же уровне при изменении фона или сюжета изображения (сигналы *А* и *Б*). Если же величина приходящего сигнала меняется, то меняется и уровень синхроимпульсов (сигнал *В*).

Кроме того, постоянная составляющая (среднее напряжение $U_{ср}$) во всех трех рассмотренных случаях различна и зависит как от величины приходящего сигнала (случай *В*), так и от сюжета изображения. Значит, среднее напряжение нельзя использовать в качестве регулирующего напряжения для системы АРУ. Таким образом «носителем» информации об интенсивности принимаемого сигнала можно считать амплитуду синхроимпульсов. В ключевых схемах АРУ в качестве управляющего используется напряжение, соответствующее уровню синхроимпульсов.

В некоторых телевизорах («Темп-2») в схеме АРУ использовалось среднее напряжение видеосигнала (рис. 4-22, *б*), однако это вызывало в некоторых случаях искажения общего фона изображения, так как работа системы АРУ зависела от передаваемого сюжета.

4-5. УСИЛИТЕЛЬ ВИДЕОСИГНАЛОВ

Основное назначение усилителя видеосигналов состоит в усилении сигнала, снимаемого с видеодетектора. Этот сигнал с размахом около 2 *в* должен быть усилен до 30—40 *в*. Кроме того, видеоусилитель используется для некоторого (двух-, трехкратного) усиления сигнала второй промежуточной частоты звукового канала 6,5 *Мгц*. Усиленный видеосигнал подается также в цепи синхронизации.

Выбор схемы видеоусилителя связан с вопросом регулировки контрастности. Изменение контрастности изображения можно получить, меняя величину видеосигнала, поступающего в цепь модулятора кинескопа. В некоторых моделях телевизоров контрастность регулировалась путем изменения коэффициента усиления УПЧ канала изображения. Поэтому величина видеосигнала, поступающего в цепи синхронизации, менялась при изменении путем применения в видеоусилителе двух каскадов. Этот недостаток можно устранить, если с анода лампы первого каскада снимать для синхронизации видеосигнал постоянного размаха, а контрастность регулировать во втором каскаде.

Связь видеоусилителя с детектором. Прежде всего установим, каким путем видеоусилитель связан с видеодетектором и кинескопом.

В цепи синхронизации необходимо подавать видеосигнал положительной полярности; это обстоятельство сразу определяет, что кинескоп нужно модулировать по катоду, а с детектора надо снимать видеосигнал отрицательной полярности.

Отрицательный видеосигнал дает в нагрузке детектора отрицательную постоянную составляющую. Если напряжение с детектора подать непосредственно на управляющую сетку лампы усилителя, то за счет постоянной составляющей, равной примерно 2,5—3 *в*, образуется смещение. Эта постоянная составляющая определяется сю-

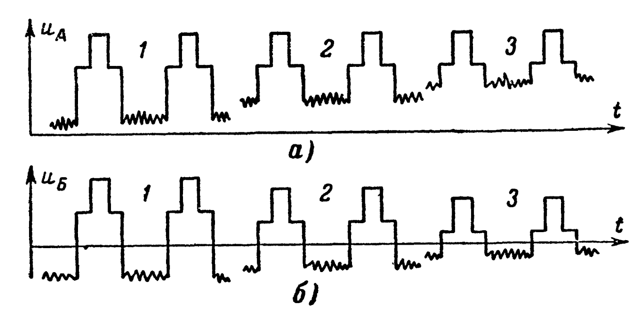


Рис. 4-23. Потеря постоянной составляющей видеосигнала при прохождении через конденсатор.

жетом передаваемого изображения. При изменении сюжета величина этого смещения будет меняться, что вызовет изменение режима работы усилительной лампы. Это не очень сильно отражается на качестве изображения, но может вызвать сильную паразитную модуляцию разностного сигнала 6,5 *Мгц* видеосигналом.

Вопрос о связи детектора с усилителем тесно связан еще с вопросом передачи постоянной составляющей сигнала изображения, от которой зависит средняя яркость изображения. Обратимся к рис. 4-23, *а*, на котором показаны три осциллограммы видеосигнала с различными уровнями постоянной составляющей. Последовательная передача этих сигналов может отразить, например, уменьшение яркости пейзажа. Если мы подадим такие сигналы на управляющую сетку лампы *ВУ* через переходной конденсатор, то на сетку попадет лишь переменная составляющая (рис. 4-23, *б*). Таким образом, будет неточно передана средняя яркость изображения; темные кадры станут более «серыми». Хорошо бы уровни сигналов *2* и *3* (рис. 4-23, *б*) «приподнять» до уровня сигнала *1*. Это означало бы восстановление постоянной составляющей.

Восстановление постоянной составляющей. Постоянную составляющую восстанавливают с помощью специальных схем, называемых схемами восстановления постоянной составляющей или фиксирующими. Одно из таких устройств, работающее на диоде, показано на рис. 4-24, *а*.

На вход схемы, в точку *А* от видеодетектора поступает сигнал, осциллограмма которого показана на рис. 4-24, *б*. Сигнал этот имеет характерные участки *1*, *2* и *3*. На участке *1* (на рисунке условно

показан один период такого колебания) собственно видеосигнал, заключенный между синхроимпульсами, передается на светлом фоне. На участке 2 фон более темный, а на участке 3 видеосигнал по своему уровню близок к гасящему сигналу, т. е. передается на темном фоне.

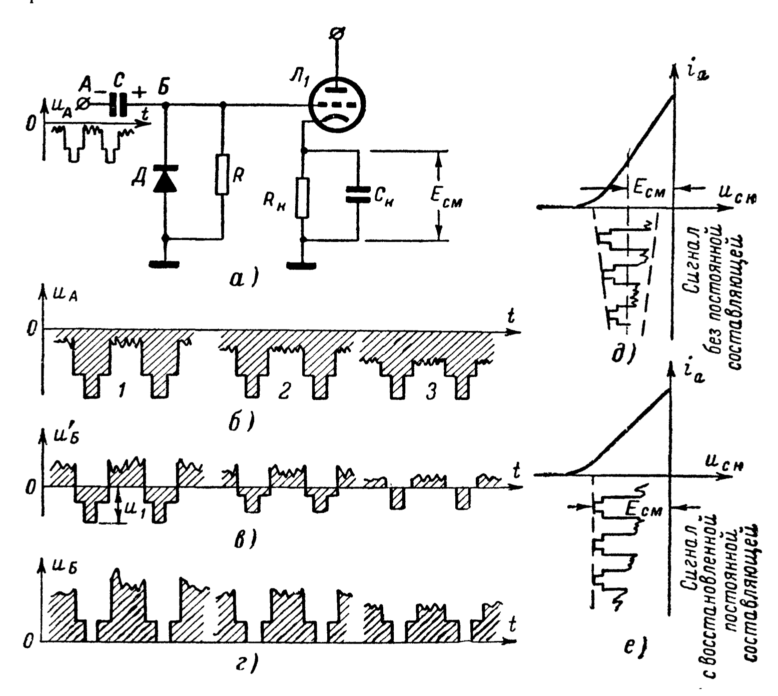


Рис. 4-24. Восстановление постоянной составляющей.

а — схема диодного восстановления постоянной составляющей; *б* — сигнал от видеодетектора; *в* — сигнал в точке *Б* при отсутствии диода; *г* — напряжение на сетке от суммы напряжений u_A и u_1; *д* — сигнал на сеточной характеристике при отсутствии фиксации; *е* — сигнал на сетке при восстановлении постоянной составляющей.

Предположим теперь, что диод *Д* отсутствует в схеме, тогда в точке *Б* (на управляющей сетке лампы) сигнал имел бы вид, показанный на рис. 4-24, *в*. Для каждого из участков *1*, *2* или *3* заштрихованные положительные волны колебания по площади были бы равны отрицательным волнам. Вследствие этого, как было рассмотрено выше, будет неточно передана средняя яркость изображения.

Теперь рассмотрим работу диода *Д*. Пусть имеется сигнал *1* участка. Отрицательные напряжения u_1. которые появились бы в в точке *Б*, отпирают диод *Д*, благодаря чему конденсатор *С* зарядится до напряжения u_1. Если емкость конденсатора *С* велика, то на

полный заряд его до уровня u_1 может потребоваться несколько десятков или сотен импульсов. После того как конденсатор C зарядится (полярность его заряда соответствует показанной на рис. 4-24, *а*), на управляющую сетку лампы будет поступать сумма напряжений входного u_A и напряжения на конденсаторе u_1. Благодаря этому осциллограмма напряжения на сетке примет вид, показанный на рис. 4-24, *г*. Постоянная составляющая таким образом будет восстановлена, при этом уровни вершин синхроимпульсов оказываются «привязанными» к нулевому уровню. Конденсатор C, однако, постепенно разряжается через сопротивление R и внутреннее сопротивление источника входного сигнала.

Если выбрать величины C и R очень большими, то этот разряд будет происходить медленно и напряжение на конденсаторе C не будет «следить» за величиной постоянной составляющей, которая может изменяться достаточно быстро. На практике постоянная времени RC обычно выбирается в пределах 0,1—0,5 *сек*. Аналогично описанному происходит восстановление постоянной составляющей и на участках сигнала *2* и *3*.

Рассмотренная схема фиксации частот применяется в различных узлах телевизоров. Чтобы удобнее было рассматривать работу таких фиксирующих схем, можно пользоваться следующим рассуждением: диод *Д* включен так, что когда на его верхнем выводе (в точке *Б*) появится отрицательное напряжение, он немедленно отопрется. Потенциал точки *Б* поэтому не может стать отрицательным по отношению к шасси. Благодаря этому наиболее отрицательные участки входного сигнала фиксируются к нулевому потенциалу шасси, весь сигнал располагается в положительной области.

Поэтому, каковы бы ни были сюжеты и фон изображения (участки *1*, *2* или *3* на рис. 4-24, *б*), синхроимпульсы поступят на сетку лампы видеоусилителя на одном и том же уровне, в данном случае на уровне нулевого напряжения. Необходимое смещение рабочей точки получается от падения напряжения на катодном сопротивлении R_K. При отсутствии фиксации видеосигнал располагался бы относительно сеточной характеристики лампы так, как показано на рис. 4-24, *д*. Если же происходит восстановление постоянной составляющей, то все синхроимпульсы следуют на одном и том же уровне, как показано на рис. 4-24, *е*.

Рассмотренная схема обладает одним значительным недостатком, состоящим в том, что если сначала поступал сигнал на «светлом фоне», а затем фон резко изменился и стал темным, то схема некоторое время, определяемая величиной RC, не будет производить фиксации уровней синхроимпульсов, так как на конденсаторе C имеется большое напряжение от предыдущего «светлого» сигнала. Несмотря на этом недостаток, рассмотренная схема широко применяется.

В видеотракте может встретиться несколько участков, где происходит потеря постоянной составляющей: в цепях связи детектора с видеоусилителем, в цепях межкаскадной связи многокаскадного видеоусилителя, в цепях связи кинескопа с видеоусилителем. Поэтому цепь восстановления постоянной составляющей обычно включают в «конце пути» видеосигнала, т. е. в цепи модулятора или катода кинескопа, куда подается видеосигнал

Частотная характеристика видеоусилителя. Теперь обратимся к вопросу о форме частотной характеристики видеоусилителя и воз-

можностях ее коррекции. Полоса частот, занимаемая видеосигналом, простирается от 0 до 5—5,5 *Мгц*, и частотная характеристика усилителя должна иметь вид, показанный на рис. 4-25. Некоторый подъем усиления в области 5 *Мгц* (на 20—30%) полезен, так как при этом повышается четкость изображения.

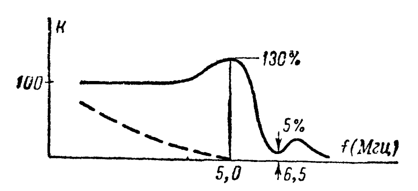


Рис. 4-25. Частотная характеристика видеоусилителя.

Если использовать обычный усилитель с активным сопротивлением в качестве анодной нагрузки, то из-за паразитных емкостей произойдет «завал» высоких частот, и частотная характеристика будет иметь вид, показанный пунктиром на рис. 4-25. Существует множество различных схем коррекции частотной характеристики. Рассмотрим одну из них (рис. 4-26).

Видеосигнал в отрицательной полярности с нагрузки детектора поступает на управляющую сетку лампы через корректирующий дроссель L_1 и переходный конденсатор C_1. Этот конденсатор необходим для того, чтобы на управляющую сетку лампы $Л_1$ не поступала постоянная составляющая напряжения с нагрузки детектора. Дроссель L_1 вместе с входной емкостью лампы $C_{вх}$ образует последовательный колебательный контур,

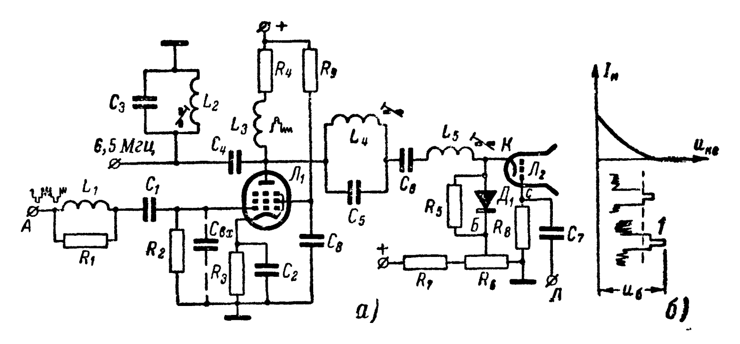


Рис. 4-26. Схема видеоусилителя.

настроенный на частоту, равную 5 *Мгц*. Для расширения полосы пропускания этого контура индукивность L_1 шунтирована сопротивлением R_1. Таким образом, в сеточной цепи лампы происходит некоторый подъем усиления на высоких частотах спектра видеосигнала. Этот подъем необходим потому, что в видеодетекторе из-за большого эквивалентного сопротивления диода для видеосигналов происходит «завал» высоких частот.

Итак, видеосигнал без постоянной составляющей поступает на управляющую сетку лампы $Л_1$. Анодная нагрузка состоит из сопротивления R_4 и индуктивности L_3. Видеосигнал через ряд элементов

поступает на катод кинескопа в положительной полярности. Но подача положительного напряжения на катод равноценна подаче отрицательного напряжения на сетку (модулятор) кинескопа. Вот почему во время передачи синхроимпульсов и гасящих импульсов кинескоп полностью запирается, а напряжение видеосигнала находится в пределах рабочего участка характеристики кинескопа. Контур, образованный конденсатором C_5 и катушкой L_4, представляет собой режектор, настроенный на частоту 6,5 *Мгц* и предотвращающий попадание сигнала звукового сопровождения на модулирующий электрод кинескопа. Дроссель L_5 вместе с входной емкостью кинескопа образует корректирующий контур, точно такой же, как и в цепи управляющей сетки лампы.

Диод $Д_1$ служит для приведения уровня синхроимпульсов к потенциалу точки *Б*, что дает восстановление постоянной составляющей. Какая бы яркость изображения ни была установлена потенциометром R_6, вершины синхроимпульсов всегда будут располагаться так, как показано на рис. 4-26, *б*. Здесь изображена зависимость катодного тока или пропорциональной ему яркости экрана кинескопа от разности потенциалов между катодом и модулятором. Из этого рисунка видно, что изменение контрастности состоит в увеличении амплитуды видеосигнала (импульс *1*).

Следует отметить, что через конденсатор C_7 на модулятор кинескопа подаются отрицательные импульсы, запирающие кинескоп на время строчного и кадрового обратных ходов. Это позволяет не заботиться о хорошей форме гасящих сигналов, которые сами должны были бы запирать кинескоп на время обратных ходов.

С анода лампы усилителя снимается также сигнал на второй промежуточной частоте канала звукового сопровождения (6,5 *Мгц*). Происходит это с помощью разного рода отсасывающих контуров, один из которых изображен на рис. 4-26, *а* (C_3, C_4, L_2). Этот отсасывающий контур создает также некоторый провал в частной характеристике вблизи частоты 6,5 *Мгц*, уменьшающий возможность попадания сигнала звукового сопровождения в канал изображения. Действие обоих режекторных контуров выражается в появлении «седла» на частотной характеристике (рис. 4-25).

4-6. УПЧ И ОГРАНИЧИТЕЛЬ КАНАЛА ЗВУКОВОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ

В этой части телевизора сигнал второй промежуточной частоты звукового канала (6,5 *Мгц*) сначала усиливается, затем подвергается амплитудному ограничению, при котором устраняется паразитная амплитудная модуляция, далее в частотном детекторе происходит выделение сигнала звуковой частоты, который усиливается в усилителе низкой частоты (УНЧ) и подается на громкоговоритель. Рассмотрим работу каждого узла канала звукового сопровождения в отдельности.

Типовая схема усилителя промежуточной частоты. На рис. 4-27 показана схема типового усилительного каскада канала звукового сопровождения. Контур, образованный элементами C_1, C_2, L_1, настроен на частоту 6,5 *Мгц*; он служит для селективного отбора сигнала промежуточной частоты звука с нагрузки видеодетектора или анода лампы видеоусилителя. Частотная характеристика этого кон-

тура почти точно совпадает с частотной характеристикой одиночного контура. В анодной цепи усилителя обычно используется полосовой фильтр, частотная характеристика которого (K_2) имеет крутые спады, что позволяет хорошо отфильтровать различные мешающие сигналы. В первую очередь это касается близко расположенных частот

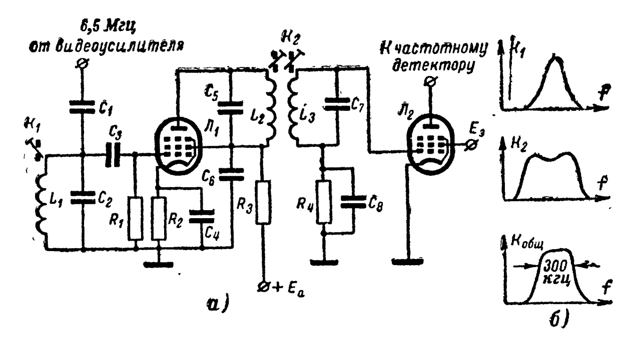


Рис. 4-27. Принципиальная схема УПЧ канала звука (*а*) и его частотные характеристики (*б*).

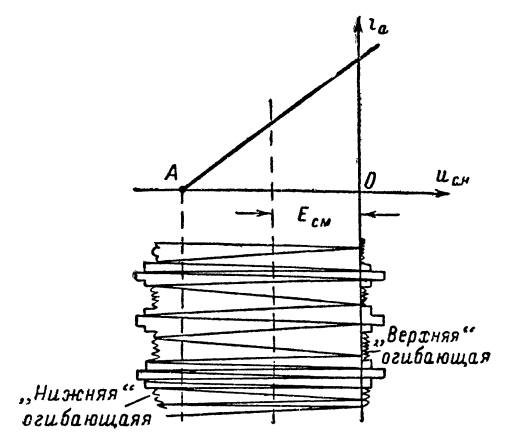


Рис. 4-28. Ограничение паразитной амплитудной модуляции.

видеоспектра (4—5 *Мгц*), проникание которых в звуковой канал приводит к искажениям звука.

Общая частотная характеристика (K_3) представляет собой кривую с довольно крутыми спадами. Ширина этой кривой на уровне 70% составляет примерно 300 *кгц*.

Амплитудный ограничитель. Напряжение со вторичного контура анодной цепи усилителя (L_3, C_7 на рис. 4-27) подается на управ-

ляющую сетку лампы амплитудного ограничителя. Сеточные токи, которые возникают при подаче сигнала, вызывают на сопротивлении R_4 падение напряжения, смещающего рабочую точку сеточной характеристики ($E_{см}$ на рис. 4-28). Напряжение на экранирующей сетке лампы $Л_2$ выбирается достаточно малым (20—40 *в*), благодаря чему при отрицательном напряжении на сетке ограничителя около 3—5 *в* лампа уже заперта. Таким образом, паразитная амплитудная модуляция нижней огибающей хорошо «срезается» за счет отсечки анодного тока. Положительная огибающая срезается в меньшей степени, но все же от протекания сеточных токов происходит некоторое ограничение и верхней огибающей.

Влияние паразитной амплитудной модуляции окончательно устраняется частотным детектором.

4-7. ЧАСТОТНЫЙ ДЕТЕКТОР

Существует несколько способов преобразования ЧМ колебаний в сигнал звуковой частоты. Рассмотрим две наиболее распространенные схемы частотных детекторов: дискриминатор и детектор отношений.

Дискриминатор. Рассмотрим схему дискриминатора (рис. 4-29). Контуры L_1, C_1 и L_2, L_3, C_3 настроены точно на частоту 6,5 *Мгц*. Сначала рассмотрим случай, когда на вход лампы $Л_1$ поступает сигнал частоты 6,5 *Мгц* без частотной модуляции. Напряжение на вторичном контуре ($u_{аб}$), связанном индуктивно с первичным контуром, сдвинуто по фазе на 90° по отношению к первичному напряжению $u_л$ на аноде лампы $Л_1$. Это отражено на рис. 4-29, *б* векторами $u_л$ и $u_{аб}$. Катушка вторичного контура имеет среднюю точку *к*, так что все вторичное напряжение можно считать состоящим из двух одинаковых напряжений $u_{ак}$ и $u_{кб}$.

В точку *к* через конденсатор C_2 с анода лампы подается все напряжение $u_л$. Теперь рассмотрим, как работают остальные участки схемы. Элементы L_2, L_3, C_4, C_5 вместе с диодами $Д_1$ и $Д_2$ образуют два обычных амплитудных детектора. На диод $Д_1$ высокочастотное напряжение подается с точек *б* и *к*, а на диод $Д_2$ — с точек *а* и *к*. Полное напряжение высокой частоты между точками *г* и *б* складывается из падения напряжения на индуктивности L_3 и дросселе L_4. Так как правый конец дросселя (точка *г*) по высокой частоте заземлен через конденсатор C_5, то падение напряжения на этом дросселе равно напряжению в точке *к* ($u_л$) (на индуктивности L_3 падает половина вторичного напряжения).

На рис. 4-29, *в* показано, как следует складывать эти два вектора напряжения, сдвинутых по фазе друг относительно друга на 90°: сложение происходит по правилу параллелограмма; результирующий вектор $u'_{д1}$ проводится, как диагональ параллелограмма, построенного на складываемых векторах. Таким образом, когда на вход лампы поступает немодулированный сигнал, то оба детектора находятся под одинаковым высокочастотным напряжением. В результате детектирования на нагрузках детекторов выделяются постоянные напряжения u_1 и u_2, пропорциональные входным напряжениям $u_{д1}$ и $u_{д2}$. При резонансе оба напряжения на нагрузках детекторов одинаковы, следовательно, полное выходное напряжение, равное сумме этих постоянных напряжений, составит нуль, так как диоды включены навстречу друг другу.

Пусть теперь в результате частотной модуляции частота отклонилась от среднего значения на какую-то величину Δf. Это вызовет сдвиг фазы вторичного напряжения по отношению к первичному на некоторый угол. На рис. 4-29, *г* показано, как этот фазовый сдвиг отразится на векторной диаграмме. Теперь напряжения $u_{д1}$ и $u_{д2}$ ока-

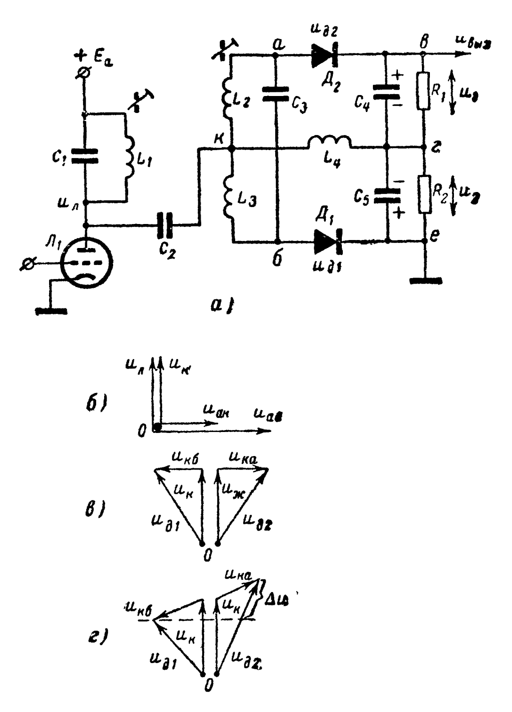


Рис. 4-29 Частотный дискриминатор.

зываются разными по амплитуде; напряжение, приложенное к детектору на диоде $Д_2$, оказывается большим по амплитуде. Так как выпрямленные напряжения тоже будут различны (а именно, напряжение на конденсаторе C_4 будет больше, чем напряжение на конденсаторе C_5), то результирующее выходное напряжение уже не будет равно нулю (по схеме на рис. 4-29, *а* оно будет положительным).

Если отклонение частоты при модуляции произойдет в другую сторону, то высокочастотное напряжение на диоде $Д_1$ станет большим, чем на $Д_2$, и выходное напряжение примет отрицательный знак. Таким образом, при изменении частоты входного сигнала выходное напряжение дискриминатора будет изменяться по величине. Очевидно, чем больше частота сигнала отклонится от среднего значения, тем больше выходной сигнал будет отличаться от нуля. Если частотная модуляция входного сигнала производится в такт со звуковы-

ми колебаниями, то выходной сигнал дискриминатора будет представлять собой низкочастотный звуковой сигнал.

Зависимость амплитуды выходного сигнала дискриминатора от частоты входного сигнала показана на рис. 4-30. Обычно для работы используется лишь линейный участок характеристики ΔF, т. е. участок с линейной (пропорциональной) зависимостью между напряжением на выходе и частотой на входе. Уменьшение выходного напряжения при больших отклонениях частоты от несущей объясняется тем, что вследствие избирательных свойств анодного контура ограничителя усиление системы падает.

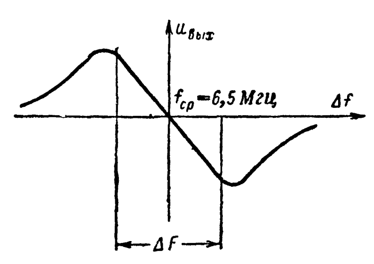


Рис. 4-30. Частотная характеристика дискриминатора.

Детектор отношений. Схема дискриминатора обладает тем недостатком, что увеличение амплитуды частотно-модулированного сигнала приводит к изменению сигнала на выходе дискриминатора. Это указывает на то, что дискриминатор плохо подавляет паразитную амплитудную модуляцию ЧМ сигнала, а поднесущая частота 6,5 *Мгц* имеет такую паразитную модуляцию. Поэтому приходится перед дискриминатором ставить хорошие ограничители, чтобы устранить фон кадровой частоты от этой паразитной модуляции.

От этого недостатка свободен детектор отношений (особый вид частотного детектора). На рис. 4-31 показана принципиальная схема такого детектора. В отличие от схемы дискриминатора здесь полное напряжение между точками *аб* остается неизменным при отклонениях частоты, а изменяется отношение между напряжениями u_1 и u_2.

Постоянство напряжения между точками *вд* поддерживается с помощью конденсатора C_5, имеющего сравнительно большую емкость. Отличие схемы детектора отношений от дискриминатора заключается в согласованном (а не встречном) включении диодов $Д_1$ и $Д_2$.

Работа схемы происходит следующим образом. Фаза напряжения на вторичном контуре, так же как и в предыдущем случае, отклоняется при изменениях частоты входного сигнала. Следовательно, на детекторы, образованные диодами $Д_1$ и $Д_2$, поступают различные напряжения в зависимости от фазовых соотношений между первичным и вторичным напряжениями. Выходные напряжения этих детекторов включены согласованно, благодаря чему на конденсаторе C_5 имеется сумма этих напряжений. Если скачком увеличить амплитуду входного сигнала, то суммарное выходное напряжение не сможет столь же быстро увеличиться из-за инерционных свойств конденсатора C_5. Этой инерционности способствует также и то, что перезаряд C_5 происходит через дополнительные сопротивления R_1 и R_2.

При быстрых изменениях амплитуды ЧМ сигнала напряжение между точками *в* и *д* остается постоянным. Поэтому и выходное напряжение, снимаемое с части выходного сопротивления, также не будет содержать ЧМ составляющей, которая зависит от изменений

амплитуды входного сигнала. При отклонениях частоты ЧМ сигнала от средней (6,5 *Мгц*) напряжения на каждой из нагрузок R_3 и R_4 изменяются, однако их сумма остается постоянной.

Если теперь медленно увеличивать амплитуду приходящего ЧМ сигнала, то напряжение на конденсаторе C_5 также будет медленно увеличиваться, а следовательно, возрастет и выходное напряжение звуковой частоты, снимаемое с сопротивления R_4. Это явление ис-

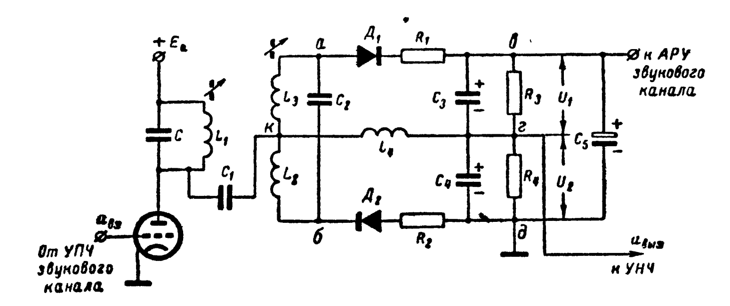


Рис. 4-31. Схема детектора отношений.

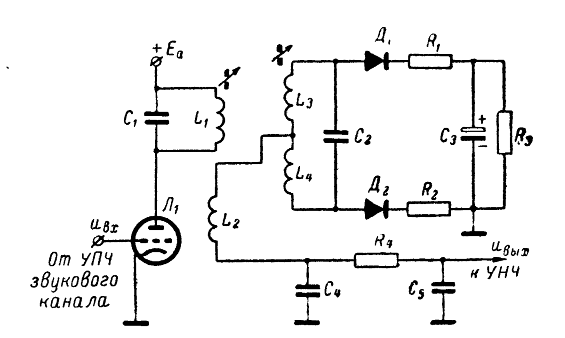


Рис. 4-32. Принципиальная схема детектора отношений.

пользуется также для автоматической регулировки усиления звукового канала; напряжение с конденсатора C_5 подается на сетки регулируемых ламп в соответствующей полярности. С сопротивления R_4 вместе со звуковыми колебаниями снимают и постоянную составляющую, которая равна примерно половине напряжения на конденсаторе C_5.

Можно несколько упростить схему дробного детектора и перейти к часто применяемому ее варианту (рис. 4-32). В отличие от схемы, показанной на рис. 4-31, напряжение подается через катушку L_2, которая одновременно служит дросселем.

Звуковой сигнал к усилителю низкой частоты обычно подается через дополнительный корректирующий фильтр R_4, C_5. Для лучшего подавления помех на передатчике искусственно (с помощью дифференцирующей цепочки) поднимают усиление на высоких частотах звукового спектра, что уменьшает относительное влияние разного рода помех, чаще всего «засоряющих» именно высокочастотную часть спектра. Избыточное усиление сигналов высоких частот подавляется цепочкой обратной коррекции R_4, C_5, а вместе с этим подавляются и помехи.

Встречаются и другие частотные детекторы, однако все они уступают детектору отношений по надежности, простоте и, что самое главное, по эффективности подавления паразитной амплитудной модуляции.

С выхода частотного детектора низкочастотное напряжение подается на усилитель низкой частоты.

4-8. УСИЛИТЕЛЬ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ ЗВУКОВОГО КАНАЛА

В усилителях низкой частоты звукового канала так же как и в УНЧ радиоприемников, звуковой сигнал усиливается перед подачей его на один или несколько громкоговорителей. В УНЧ обычно вклю-

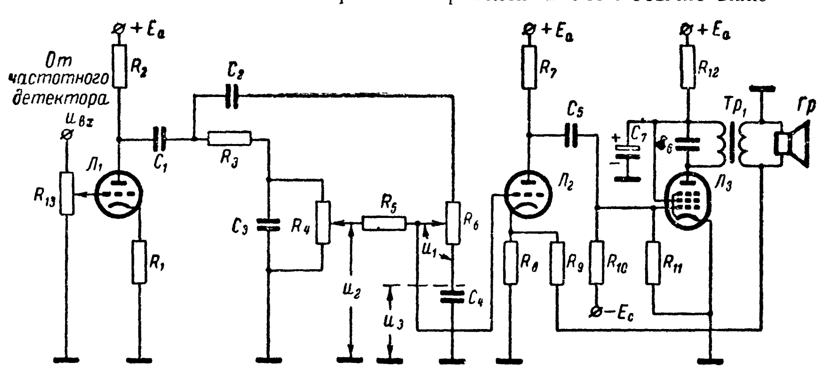


Рис. 4-33. Принципиальная схема УНЧ.

чаются органы регулирования громкости звука и тембра. Из большого разнообразия схем УНЧ рассмотрим лишь одну, которая содержит все типовые элементы и дает хорошие результаты (рис. 4-33).

Звуковой сигнал сначала усиливается усилителем на сопротивлениях (лампа $Л_1$). Затем через цепь регулировки тембра сигнал поступает на второй усилительный каскад ($Л_2$) и, наконец, в усилитель мощности ($Л_3$). Низкочастотный сигнал после переходного конденсатора большой емкости C_1 разветвляется по двум путям. Сопротивление R_3 и конденсатор C_3 образуют интегрирующую цепь, срезающую верхние частоты, поэтому на конденсаторе C_3, а следовательно, и на потенциометре R_4 имеется в основном низкочастотная часть спектра звукового сигнала. Конденсатор C_2 и сопротивление R_6 образуют дифференцирующую цепь, отбираю-

щую только высокочастотные компоненты сигнала. Конденсатор C_4 для высоких частот обладает небольшим по сравнению с R_6 сопротивлением, поэтому он не участвует в дифференцировании. Напряжение u_2, снятое с потенциометра R_4, подается на конденсатор C_4 через сопротивление R_5, при этом напряжение низкой частоты почти полностью передается на конденсатор C_4 (так как для низких частот он представляет значительно большее сопротивление, чем сопротивление R_6). Таким образом, напряжение u_3 в основном равно напряжению u_2, т. е. низкочастотной компоненте. Полное напряжение на входе второго каскада усилителя, равное сумме напряжений u_1 и u_3, состоит из раздельно регулируемых высокочастотной и низкочастотной составляющих. Таким образом, с помощью потенциометров R_4 и R_6 можно регулировать тембр звучания.

В некоторых телевизорах тембр регулируют не плавно, а скачками, клавишным переключателем, имеющим несколько фиксированных положений. В каждом положении переключателя УНЧ имеет определенную частотную характеристику, которая и определяет тембр звучания.

Часть выходного сигнала с вторичной обмотки выходного трансформатора через делитель напряжения R_8, R_9 подается в катодную цепь предоконечного каскада, что уменьшает нелинейные искажения сигнала.

Рабочее смещение на управляющей сетке выходного каскада создается с помощью делителя напряжения R_{10} и R_{11}, причем полное сопротивление сеточной цепи должно быть достаточно велико, чтобы не происходило «завала» низких частот.

4-9. УКВ ЧМ ТРАКТ ТЕЛЕВИЗОРА

Конструкция УКВ ЧМ блока. Наилучший вариант построения схемы для приема УКВ ЧМ станций представляет собой отдельный входной блок, в котором происходит избирательное усиление сигнала по высокой частоте и гетеродинирование. В качестве примера рассмотрим работу УКВ ЧМ блока, применяемого в телевизоре «Темп 3».

Полоса частот, занимаемая одной станцией УКВ ЧМ, составляет примерно 150—200 *кгц*, следовательно, входные цепи вместе с анодным контуром УВЧ должны иметь частотную характеристику с полосой пропускания, равной 200—300 *кгц*. Так как станции УКВ могут работать на любой частоте в довольно узком диапазоне частот (64,5—73 *Мгц*), то целесообразно ввести плавную настройку высокочастотных контуров. Главная проблема заключается в точном сопряжении частоты гетеродина с частотами настройки контуров УВЧ. Необходимо одновременно так перестраивать колебательный контур гетеродина в избирательные контуры высокой частоты, чтобы разность между частотой гетеродина и резонансной частотой контуров УВЧ была постоянна на всем диапазоне частот настройки и равнялась промежуточной частоте.

В рассматриваемом блоке все контуры перестраиваются путем перемещения в катушках алюминиевых сердечников. Такая система настройки выгодно отличается от настройки с помощью блока переменных конденсаторов тем, что она устраняет возможность появления микрофонного эффекта. Пластины переменных конденсаторов имеют большие поверхности, и поэтому звуковые колебания могут

вызвать значительные изменения емкости, а следовательно, и микрофонный эффект.

Надо отметить, что в телевизоре «Темп-3» УКВ блок используется не совсем правильно. При промежуточной частоте 6,5 *Мгц* появляется опасность взаимных помех между соседними телевизорами, так как при приеме УКВ станций, работающих на низкочастотном участке диапазона УКВ, частота гетеродина лежит внутри этого диапазона. Излученный антенной сигнал гетеродина может быть серьезной помехой для другого телевизора. Действительно, если станция работает на частоте 65 *Мгц*, то частота гетеродина должна быть равна 65+6,5=71,5 *Мгц*, а эта частота лежит в высокочастотном участке диапазона УКВ. Очевидно, блок будет правильно использован тогда, когда промежуточная частота не меньше ширины диапазона, т. е. 73—64,5=8,5 *Мгц*.

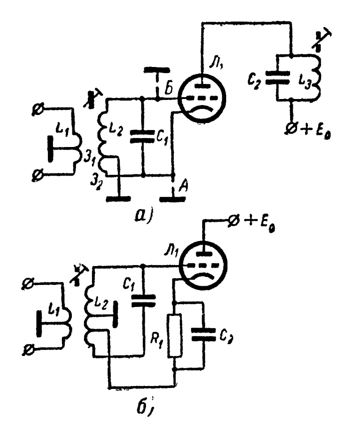


Рис. 4-34. Схема входной цепи УВЧ с заземленной промежуточной точкой входного контура.

По этой причине в некоторых моделях телевизоров применяется двойное гетеродинирование, что следует признать более целесообразным. С выхода УКВ блока при этом снимается сигнал первой промежуточной частоты (около 12 *Мгц*), затем следует второй смеситель, преобразующий первую промежуточную частоту в основную (6,5 *Мгц*).

Усилитель высокой частоты. На рис. 4-34, *а* показана принципиальная схема типового каскада усиления УКВ сигналов. Схема имеет характерную особенность — заземлены не катод и не управляющая сетка (как показано штриховыми линиями), а некоторая промежуточная точка $З_2$ катушки между сеткой и катодом.

Схема с заземленным катодом (точка *А*) обладает преимуществом, заключающимся в том, что входное сопротивление лампы при этом велико, и удается получить значительное усиление сигнала в самой входной цепи на повышающем трансформаторе $L_1 L_2$. Однако схема эта имеет недостаток, состоящий в том, что она склонна к самовозбуждению из-за влияния междуэлектродной емкости участка анод — сетка лампы.

Схема с заземленной управляющей сеткой (точка *Б*), характеризуется низким входным сопротивлением лампы и устойчивым усилением, так как заземленная сетка представляет собой своего рода экран, отделяющий входную цепь (цепь катода) от выходной цепи (анодной) и наоборот. Однако из-за низкого входного сопротивления нельзя получить большого усиления во входной цепи и, кроме того, малое входное сопротивление лампы сильно шунтирует входной контур, вызывая излишнее увеличение его полосы пропускания.

Если же заземлить некоторую среднюю точку входного контура, то можно найти компромиссное решение между необходимой устой-

чивостью, коэффициентом передачи напряжения, входной цепью и ее полосой пропускания.

В некоторых блоках, помимо этого, применяют еще и мостовую нейтрализацию проходной емкости анод—сетка для повышения устойчивости (например, как это сделано в блоке ПТК), однако даже с помощью такого простого средства, как заземление промежуточной точки входного контура, можно получить хорошие результаты на триоде 6Н3П.

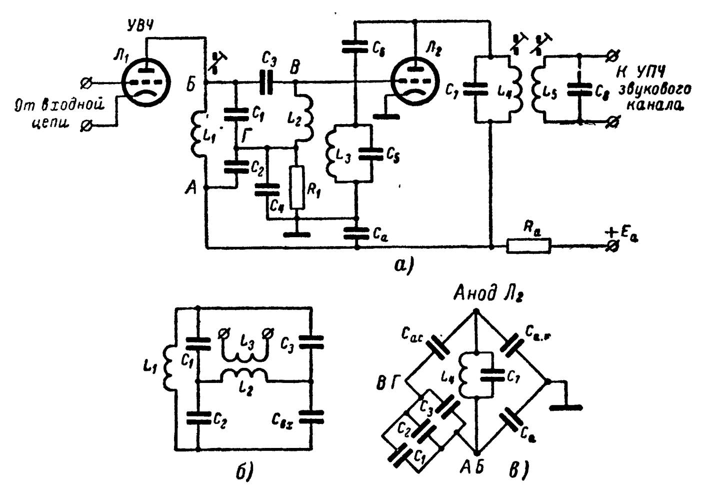


Рис. 4-35. Принципиальная схема УКВ ЧМ блока.

Для того чтобы несколько уменьшить шунтирующее действие входного сопротивления лампы, применяют неполное включение контура, как это показано на рис. 4-34,*б*).

Смеситель и гетеродин. Рассмотрим теперь схему, в которой одна лампа одновременно выполняет функции гетеродина и смесителя (рис. 4-35). Колебательный контур, задающий частоту гетеродина, состоит из элементов C_6, C_5 и L_3. Положительная обратная связь создается катушкой L_2, подводящей часть анодного высокочастотного напряжения к управляющей сетке лампы $Л_2$. Конденсатор C_4 и сопротивление R_1 образуют цепочку, на которой получается отрицательное смещение на сетке лампы. Величины указанных элементов выбираются такими, чтобы амплитуда генерируемых колебаний была не очень значительной (смещение на управляющей сетке должно быть около 1,2—1,5 *в*).

Одновременно на управляющую сетку лампы $Л_2$ через конденсатор C_3 поступают колебания высокой частоты из анодной цепи лампы $Л_1$. В анодной цепи смесительной лампы выделяется сигнал промежуточной частоты 6,5 *Мгц*. Так как контуры гетеродина и анодной цепи лампы УВЧ довольно сильно связаны между собой, всякая

перестройка контура гетеродина неминуемо вызывает перестройку контура высокой частоты, тем более, что их резонансные частоты отличаются всего на 6,5 *Мгц*. Для устранения этого в схеме применено мостовое включение катушек контуров (рис. 4-35,*б*). Катушка гетеродина L_3 и связанная с ней катушка L_2 оказываются включенными в одну диагональ моста, а катушка L_1 в другую диагональ. Если мост сбалансировать, что делается только раз при настройке блока, то влияние между катушками становится очень малым. Отметим, что одной из емкостей, составляющих мост, служит входная емкость лампы $C_{вх}$.

Для того чтобы можно было получить большое усиление по промежуточной частоте на преобразовательном триоде $Л_2$, необходимо нейтрализовать проходную емкость участка анод — сетка $C_{с.а}$, т. е. устранить проникание высокочастотного напряжения из анодной цепи на управляющую сетку. На рис. 4-35, *в* показан один из вариантов мостовой нейтрализации. Конденсатор $C_а$, который по высокой частоте обладает хорошими развязывающими свойствами, представляет для промежуточной частоты уже некоторое сопротивление, поэтому на нем создается падение напряжения промежуточной частоты 6,5 *Мгц*. Катушки L_1 и L_2 для промежуточной частоты представляют весьма малые сопротивления, поэтому точки *А* и *Б* по промежуточной частоте имеют одинаковые потенциалы так же, как и точки *В* и *Г*. Из эквивалентной схемы (рис. 4-35, *в*) видно, что если мост сбалансирован, то связь между анодной цепью и сеточной отсутствует. Эта мера настолько повышает устойчивость преобразователя, что общий коэффициент усиления блока при серийном производстве составляет не менее 150. Анодная колебательная система преобразователя представляет собой полосовой фильтр со слабой связью между контурами, благодаря чему частотная характеристика этого контура имеет вид одногорбой кривой с крутыми скатами.

С выхода блока сигналы промежуточной частоты звука 6,5 *Мгц* поступают на вход усилителя промежуточной частоты звукового канала.

4-10. ЦЕПИ СИНХРОНИЗАЦИИ

Выделение сигналов синхронизации. Основное назначение цепей синхронизации состоит в формировании сигналов для правильной работы кадрового и строчного генераторов развертки. Фронты синхроимпульсов полного телевизионного сигнала возникают как раз в те моменты времени, когда развертки (строчная и кадровая) должны прекратить прямой ход и начать обратный. Поэтому в простейшем случае цепи синхронизации выделяют из полного телевизионного сигнала только сигналы синхронизации и затем формируют узкие импульсы, совпадающие во времени с фронтами синхроимпульсов.

Рассмотрим принципиальную схему устройства, предназначенного для этой цели (рис. 4-36). Видеосигнал положительной полярности подается через конденсатор C_1 на управляющую сетку лампы $Л_1$, которая выделяет синхроимпульсы из полного телевизионного видеосигнала. Этот каскад называют амплитудным селектором. Режим лампы выбран таким, чтобы усиливалась только та часть полного видеосигнала, которая образована синхроимпульсами (рис. 4-36, *б*).

С этой целью с помощью делителя постоянного напряжения, состоящего из сопротивлений R_2 и R_3, анодное напряжение уменьшается до 30—40 *в*, благодаря чему раствор анодно-сеточной характеристики лампы сужается до 4—6 *в*.

Во время действия положительных синхроимпульсов конденсатор C_1 заряжается сеточным током лампы $Л_1$. В промежутках между синхроимпульсами он разряжается через большое сопротивление R_1, в результате чего на сетке лампы поддерживается отрицательное смещение $E_{см}$, достаточное для полного запирания лампы во время действия телевизионного видеосигнала. Вследствие этого на выход схемы (точка *A*) проходят только синхроимпульсы (их полярность становится отрицательной), а сигнал изображения отрезается.

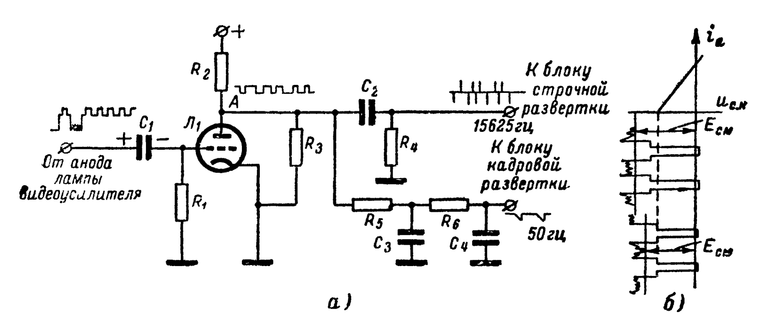


Рис. 4-36. Схема амплитудного селектора.

Видеосигнал располагается относительно анодно-сеточной характеристики лампы так, как это показано на рис. 4-36, *б*. При работе телевизора видеосигнал не остается постоянным, он может увеличиваться или уменьшаться под действием различных факторов, например в некоторых телевизорах регулировка контрастности изображения происходит не на выходе видеоканала, а в УПЧ. Поэтому при регулировке контрастности амплитуда видеосигнала, поступающего на амплитудный селектор, будет меняться. Схема автоматически приспосабливается к различным величинам видеосигнала. При изменении размаха видеосигнала изменяется величина сеточного тока, а следовательно, и напряжение смещения $E_{см}$. Но так как напряжение запирания лампы очень мало, то даже при значительном уменьшении видеосигнала в анодную цепь проходит только смесь синхроимпульсов. Если видеосигнал станет очень малым, то в анодную цепь амплитудного селектора, помимо сигнала синхронизации, может проникнуть сигнал изображения, что вызовет нарушение синхронизации телевизора.

Итак, на анодной нагрузке, по величине равной параллельно соединенным сопротивлениям R_2 и R_3, имеется смесь синхроимпульсов отрицательной полярности.

С помощью дифференцирующей цепи, состоящей из элементов C_2, R_4, выделяются узкие отрицательные импульсы, соответствующие фронтам синхроимпульсов. Эти узкие пики напряжения поступают в каскад строчной развертки. Двухзвенная интегрирующая цепь, со-

стоящая из элементов R_5, R_6, C_3, C_4, выделяет из смеси синхроимпульсов полукадровый сигнал синхронизации. При этом фильтр подавляет сигналы строчной синхронизации и кратковременные помехи.

Назначение уравнивающих синхроимпульсов. Рассмотрим назначение уравнивающих синхроимпульсов, которые включаются в состав полного телевизионного сигнала до и после полукадрового сигнала синхронизации. Чересстрочное разложение возможно, если запуск кадровой развертки будет происходить в конце нечетного полукадра точно посередине строки, а в конце четного полукадра — точно в начале строки. Полукадровые импульсы должны быть по

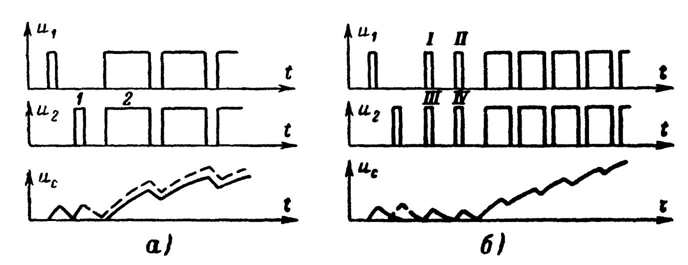


Рис. 4-37. Осциллограммы уравнивающих импульсов.

форме совершенно одинаковы для обоих полукадров. Каждый строчный импульс, хотя он и очень короток по времени, все же несколько заряжает конденсатор интегрирующей цепи. За время между двумя соседними строчными импульсами конденсаторы фильтра успевают в большой степени разрядиться, но все же некоторый заряд остается. Если бы не было уравнивающих импульсов, то строчный синхроимпульс, непосредственно предшествующий полукадровому импульсу, дал бы остаточный заряд и оба полукадровых импульса после интегрирования несколько отличались бы друг от друга. Это показано на рис. 4-37, *а*, где показан синхросигнал без уравнивающих импульсов. В конце нечетного полукадра синхроимпульс *1* располагается на расстоянии полстроки от фронта полукадрового синхросигнала *2*. Поэтому остаточный заряд от этого импульса останется на конденсаторах интегрирующей цепи и форма выходного сигнала для нечетного полукадра (показано штриховой линией) будет отличаться от формы сигнала для четного полукадра (сплошная линия).

Если теперь ввести уравнивающие импульсы (I—IV), то оба полукадровых синхросигнала будут почти точно совпадать по форме (рис. 4-37, *б*). Эти полустрочные, уравнивающие импульсы выполняют функцию своеобразных буферных импульсов, которые как бы «подготавливают» интегрирующую цепь к приходу полукадрового синхросигнала.

С увеличением количества звеньев интегрирующей цепи улучшается фильтрация разного рода быстрых изменений напряжения (помех). Однако при этом падает амплитуда сигнала. Поэтому обычно ограничиваются применением двухзвенной цепи.

Этот метод выделения импульсов кадровой синхронизации широко применяется в телевизорах и обеспечивает помехоустойчивость

кадровой развертки, значительно лучшую, чем метод дифференцирования, применяемый для синхронизации строчной развертки.

Автоматическая подстройка частоты строк. В современных телевизорах для строчной синхронизации применяются, как правило, схемы автоматической подстройки частоты строк с введением инерционных элементов. Рассмотрим одну из распространенных схем строчной синхронизации (рис. 4-38). От амплитудного селектора на первичную обмотку трансформатора поступает синхросигнал. На концах вторичной обмотки относительно точки *k* возникают импульсы противоположной полярности u_1 и u_2. Эти импульсы проходят

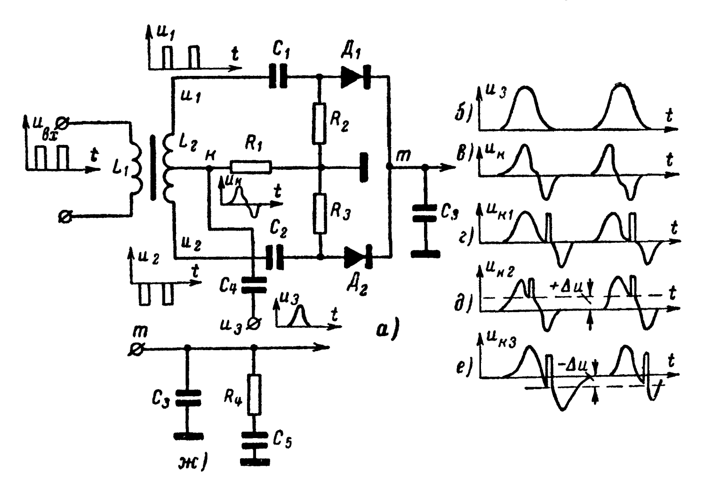


Рис. 4-38. Фазовый дискриминатор строчной развертки.

через конденсаторы C_1 и C_2 и отпирают диоды $Д_1$ и $Д_2$. Когда диоды отперты, их сопротивления малы и образуются как бы «равнопотенциальные» кольца, состоящие из элементов L_2, C_1, $Д_1$, и C_2, L_2, $Д_2$ (нижняя половина). Таким образом, можно считать, что во время действия синхроимпульса потенциал точки *k* становится равным потенциалу точки *m*.

В точку *к* через конденсатор C_4 подаются импульсы u_3 от строчного трансформатора (рис. 4-38, *б*). Цепь из элементов C_4 и R_1 дифференцирует эти импульсы, вследствие чего форма напряжения в точке *к* имеет вид, изображенный на рис. 4-38,*в*.

Теперь рассмотрим некоторые фазовые соотношения между приходящими синхроимпульсами u_1, u_2 и импульсом u_3. Если импульсы u_1 и u_2 приходят в момент времени t_1, когда $u_к$ равно нулю, то напряжение в точке *m*, естественно, равно нулю, и конденсатор C_3 не заряжен. Если же синхроимпульсы приходят несколько раньше (рис. 4-38, *д*), то в это время в точке *к* напряжение равно $+\Delta u$, следовательно, за время входного синхроимпульса $u_{вх}$ конденсатор C_3 зарядится до напряжения, равного $+\Delta u$.

Если синхроимпульс придет несколько позднее (рис. 4-38, *е*), то это вызовет на конденсаторе C_3 отрицательное напряжение $-\Delta u$.

Таким образом, на конденсаторе C_3 напряжение будет равно нулю только тогда, когда синхроимпульсы приходят в момент прохождения напряжения в точке *к* через нуль. Это может произойти, когда частота повторения строчных синхроимпульсов в точности равна частоте повторения импульсов, приходящих от строчной развертки и, кроме того, имеется соответствующий фазовый сдвиг. Надо заметить, что импульсы u_3, которые снимают от строчного генератора, возникают во время обратного хода строчной развертки; таким образом, нулевое напряжение на конденсаторе C_3 получается, когда середина обратного хода строчной развертки совпадает со временем прихода синхроимпульсов.

Напряжение, возникающее на конденсаторе C_3, можно использовать для управления частотой колебаний блокинг-генератора строчной развертки. Подавая выходное напряжение фазового детектора на управляющую сетку лампы блокинг-генератора, мы получаем возможность автоматической подстройки частоты и фазы пилообразных колебаний, вырабатываемых блокинг-генератором строчной развертки.

Пусть по каким-либо причинам (например, из-за нестабильности синхрогенератора передатчика) синхроимпульсы стали поступать чаще. Это вызовет появление на конденсаторе C_3 некоторого положительного напряжения $+\Delta u$ (рис. 4-38, *д*). Это положительное напряжение, подаваемое на управляющую сетку лампы блокинг-генератора, приведет к увеличению частоты его колебаний. Если частота синхроимпульсов уменьшится, то за счет отрицательного напряжения $-\Delta u$ частота колебаний блокинг-генератора уменьшится. Получилась таким образом система, которая «следит» за частотой следования и фазой синхроимпульсов.

Теперь рассмотрим случай, когда по каким-либо причинам несколько синхроимпульсов вообще не поступило. В этом случае диоды $Д_1$ и $Д_2$ будут заперты, несмотря на регулярное поступление напряжения u_3 от строчного трансформатора. Если конденсатор C_3 имеет достаточно большую емкость, то на время отсутствия нескольких синхроимпульсов он «запомнит» напряжение, которое было раньше, и «удержит» блокинг-генератор на нужной частоте. Когда опять появятся синхроимпульсы, произойдет «подзарядка» конденсатора C_3.

Обычно для обеспечения инерционности используется дополнительная цепочка RC (рис. 4-38, *ж*), состоящая из небольшого (около 5 *ком*) сопротивления R_4 и конденсатора C_5 (около 1 *мкф*).

Эта цепь работает следующим образом: конденсатор C_3, имеющий небольшую емкость, быстро «запоминает» напряжение, возникающее в точке *m* в моменты прихода синхроимпульсов. В промежутки между синхроимпульсами этот конденсатор отдает свой заряд конденсатору C_5 через сопротивление R_4. Во время заряда конденсатора C_3 до напряжения точки *m* это сопротивление служит своего рода «буфером», предотвращающим заряд конденсатора C_5. Таким образом, происходит «перекачка энергии» сначала в конденсатор C_3, а затем из конденсатора C_3 в конденсатор C_5. Далее напряжение подается на блокинг-генератор.

Если ряд синхроимпульсов будет отсутствовать, то частота колебаний блокинг-генератора удерживается постоянной за счет действия напряжения, снимаемого с конденсатора C_5. Вследствие инер-

ционности цепи C_3, C_5, R_4 удается устранить воздействие кратковременных импульсных помех на схему синхронизации (такие помехи не могут быстро изменить напряжений, накапливаемых на конденсаторах C_3 и C_5).

В настоящее время имеется целый ряд разновидностей схем фазовой автоподстройки строчной развертки. Однако все они основаны на сравнении фаз синхроимпульсов и некоторого опорного напряжения, которое поступает либо от строчного генератора, либо непосредственно с выхода блокинг-генератора.

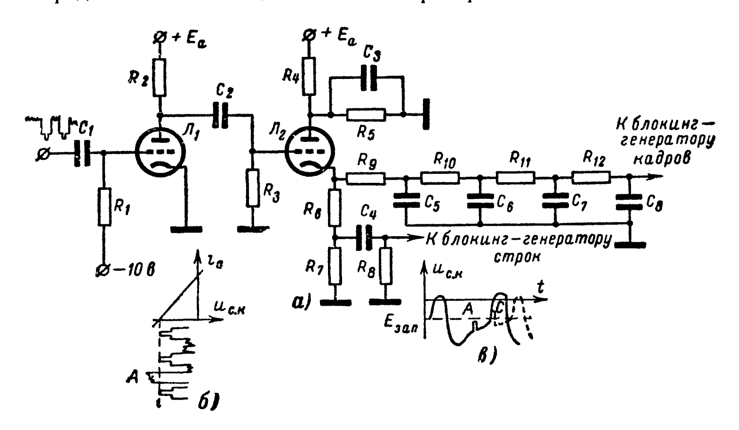


Рис. 4-39. Схема цепей синхронизации.

При работе описанной системы автоподстройки частоты блокинг-генератора момент начала обратного хода строчной развертки не совпадает с фронтом синхроимпульса. Обратный ход начинается как бы несколько раньше переднего фронта синхроимпульса. Можно легко скорректировать этот сдвиг начала обратного хода; кроме того, сами синхроимпульсы, проходя по различным цепям телевизора, несколько задерживаются во времени. В цепь анода или сетки лампы блокинг-генератора включают специальный контур, настроенный на частоту строк (15 626 *гц*), с помощью которого можно корректировать фазовый сдвиг начала обратного хода. Надо сказать, что в схемах с фазовой автоподстройкой частоты блокинг-генератора легче получаются защитные полосы на правом и левом краях растра.

Простая помехоустойчивая схема синхронизации. Рассмотрим еще одну простую, но заслуживающую внимания схему синхронизации, отличающуюся хорошей помехоустойчивостью (рис. 4-39, *а*). Здесь видеосигнал отрицательной полярности через переходной конденсатор C_1 попадает на управляющую сетку лампы $Л_1$, работающую в режиме усиления-ограничения. Положение видеосигнала относительно раствора сеточной характеристики этой лампы показано на рис. 4-39, *б*. Если между синхроимпульсами возникнет какая-либо помеха *А*, то благодаря отсечке анодного тока эта помеха будет срезана. Конечно, имеется опасность того, что при очень большом раз-

махе видеосигнала могут быть срезаны части самих синхроимпульсов — в этом состоит недостаток схемы.

С анодной нагрузки усилителя-ограничителя R_2 положительный видеосигнал поступает на амплитудный селектор $Л_2$. С помощью делителя напряжения $R_4 R_5$ анодное напряжение на селекторе снижается до 50—70 *в*. Смещение рабочей точки этой лампы создается как за счет падения напряжения на катодных сопротивлениях R_6 и R_7, так и за счет сеточных токов, которые хоть и невелики, но на большом сопротивлении R_3 (порядка нескольких мегом) дают падение напряжения около 10—15 *в*.

Синхроимпульсы, отделенные от полного телевизионного сигнала, снимаются с катодной нагрузки, причем для кадровой синхронизации снимается весь синхросигнал с обоих сопротивлений R_6 и R_7, а на строчную синхронизацию снимается лишь часть выходного напряжения с сопротивления R_7. Это принципиально необязательно, но такое разделение благоприятно влияет на повышение точности чересстрочной развертки, так как при этом уменьшается обратное воздействие блокинг-генератора строк через конденсатор C_4 на кадровую синхронизацию.

Хорошее интегрирование в четырехзвенном интегрирующем фильтре (R_9—R_{12}, C_5—C_8) обеспечивает сравнительно устойчивое чересстрочное разложение и высокую помехоустойчивость кадровой развертки. Дифференцирующая цепь, состоящая из элементов C_4 и R_8, направляет в блокинг-генератор строк серию положительных узких импульсов для синхронизации.

Эта схема помехоустойчива благодаря ограничению в первом каскаде $Л_1$, поэтому все импульсные напряжения в аноде лампы $Л_1$ не могут превосходить уровень синхроимпульсов. Таким образом, вероятность того, что импульсная помеха запустит блокинг-генератор строк, довольно мала, так как высота импульса помехи *А* (рис. 4-39,*б*) не больше высоты синхроимпульса, поэтому при поступлении на сетку лампы блокинг-генератора помехи *А* напряжение на управляющей сетке лампы еще не достигнет $E_{зап}$.

Следует упомянуть, что за последние годы не наблюдается какого-либо существенного изменения в схемах синхронизации. Это объясняется тем, что даже при максимально возможной чувствительности телевизора схема кадровой синхронизации с интегрированием и схема строчной синхронизации с инерционной фазовой автоподстройкой обеспечивают хорошую работу схем кадровой и строчной разверток.

В схеме амплитудного селектора за последнее время находят все большее применение пентоды и более сложные лампы благодаря тому, что они более четко выделяют синхроимпульсы при широком диапазоне изменения размаха видеосигнала.

4-11. СТРОЧНАЯ РАЗВЕРТКА

Мощность, потребляемая строчной разверткой. Значительная часть всей потребляемой телевизором энергии приходится на долю строчной развертки. Это вызвано тем, что частота строчного пилообразного тока довольно высока (15 625 *гц*) и обратный ход длится всего 8—15 *мксек*, причем необходимый перепад тока надо получить в отклоняющих катушках с малым активным сопротивлением. Эф-

фективность отклонения зависит от тока, протекающего в отклоняющих катушках, и от числа их витков. Однако в строчной системе нельзя увеличить количество витков, так как из-за увеличения собственной емкости катушек резонансная частота снизится, длительность обратного хода строчной развертки сильно возрастет и гасящий строчный сигнал может оказаться короче обратного хода развертки. Поэтому строчные отклоняющие катушки приходится изготавливать с небольшим количеством витков (200—300), а для по-

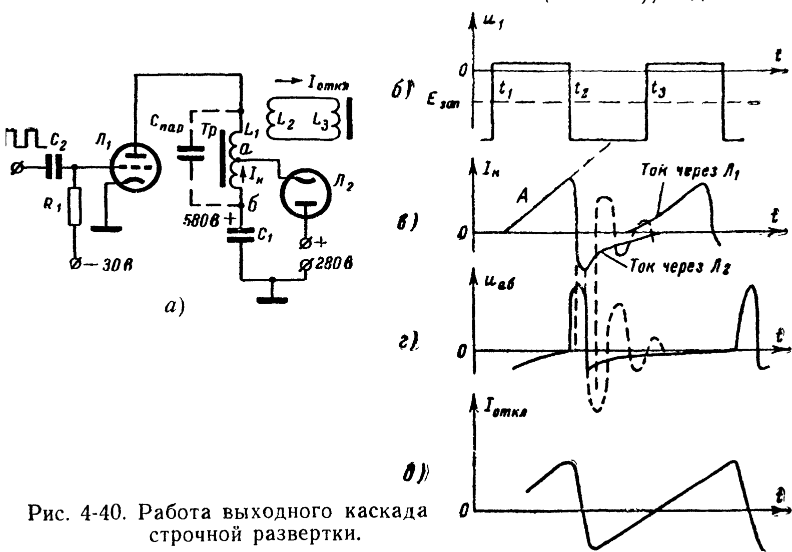


Рис. 4-40. Работа выходного каскада строчной развертки.

лучения нужной эффективности отклонения требуется увеличивать в них токи. Большие токи в отклоняющих катушках создают и большие потери энергии в выходной лампе строчной развертки, в сердечнике и в проводах трансформатора. В кадровой развертке, которая отклоняет луч кинескопа почти на такое же расстояние, как и строчная, потери энергии в единицу времени значительно меньше, так как частота кадровой развертки значительно меньше.

Типовая схема генератора строчной развертки. Рассмотрим работу типового генератора строчной развертки (рис. 4-40, *а*). На управляющую сетку лампы $Л_1$ подается напряжение в виде прямоугольных импульсов (рис. 4-40, *б*). Форма импульсов такова, что в течение половины периода ($t_1 — t_2$) лампа $Л_1$ отперта, а в течение другой половины периода ($t_2 — t_3$) — заперта. В анодную цепь лампы $Л_1$ включен трансформатор *Тр*, со вторичной обмотки которого L_2 снимается пилообразный ток для строчных отклоняющих катушек L_3.

После включения генератора конденсатор C_1 зарядится до напряжения +200 *в*. Указанное на схеме напряжение +580 *в* возникнет несколько позднее. В течение времени t_1—t_2 лампа $Л_1$ отперта, ее сопротивление между анодом и катодом мало и происходит заряд

индуктивности L_1 током — сначала от конденсатора C_1, а затем, когда конденсатор C_1 немного разрядится, то ток начнет проходить и через диод $Л_2$. Заряд индуктивности током происходит по кривой A (рис. 4-40, *в*). В момент времени t_2 лампа резко запирается, следовательно, она уже участвует в работе. Ток в индуктивности не может мгновенно исчезнуть и в контуре, образованном из индуктивности катушки L_1 и паразитной емкости $C_{пар}$, начинается колебательный процесс. Если бы в схеме не было диода $Л_2$, затухающий колебательный процесс шел бы так, как показано на рисунках штриховыми линиями. На рис. 4-40, *г* показана кривая изменения напряжения $u_{аб}$ между точками *а* и *б*. В некоторый момент времени напряжение между точками *а* и *б* станет достаточно большим, и диод $Л_2$ отопрется. Действительно, при показанных на схемах величинах напряжений диод заперт напряжением 580—280=300 *в*. Следовательно, стоит потенциалу точки *а* уменьшиться на 300 *в* по отношению к потенциалу точки *б*, как диод отопрется, его сопротивление станет малым и колебательный процесс прекратится. (Поэтому диод называют демпферным.) Вся энергия, накопленная в катушке L_1, уйдет на заряд конденсатора C_1. Заряд емкости происходит через демпферный диод $Д_1$. Благодаря таким многочисленным подзарядкам на конденсаторе C_1 накопится напряжение порядка 580 *в*. К приходу каждого следующего положительного импульса на управляющую сетку лампы $Л_1$ разряд индуктивности почти заканчивается и начинается новый процесс заряда, причем источником напряжения для лампы уже будет служить заряженный конденсатор C_1. Суммарный ток в катушке (ток лампы и ток демпфера) будет иметь пилообразную форму (рис. 4-40, *д*) во время прямого хода развертки.

Использование энергии колебательного процесса позволяет создать экономичную схему развертки, которая при токе лампы $Л_1$ в 50—70 *ма* дает полное отклонение луча кинескопа по горизонтали.

Импульс напряжения, образующийся на катушке L_1 во время обратного хода развертки, имеет очень большую амплитуду (нескольких киловольт). При таком большом напряжении на аноде лампа $Л_1$ может отпереться, поэтому обычно вместо прямоугольных импульсов на управляющую сетку лампы подаются пилообразные импульсы, которые в течение обратного хода строчной развертки создают очень большое смещение. Полный размах пилообразного напряжения на управляющей сетке генераторной лампы достигает иногда 150—200 *в*.

Если демпферный диод $Л_2$ недостаточно хорошо гасит колебательный процесс, то пилообразный ток в начале прямого хода развертки имеет колебательный характер, что вызывает появление на экране кинескопа вертикальных темных и светлых полос. Эти изменения яркости получаются в результате того, что скорость движения луча вдоль строки неравномерна. Кроме того, из-за этих паразитных колебаний изменяется ток луча кинескопа и соответственно изменяется яркость на некоторых участках растра. Длительность обратного хода в такой схеме определяется величинами индуктивности L_1 и емкости $C_{пар}$ Чем больше паразитная емкость, тем больше длительность обратного хода. Один из путей повышения собственной резонансной частоты строчного трансформатора и соответственного уменьшения длительности обратного хода заключается в применении

высокоэффективных магнитных материалов. Применение таких материалов позволяет уменьшить число витков в обмотках трансформатора, а следовательно, и паразитную емкость. Хороший строчный трансформатор обеспечивает длительность обратного хода не более 6—10% от длительности прямого хода.

Слишком большая длительность обратного хода, превышающая длительность строчного гасящего сигнала, приводила в старых моделях телевизоров к «завороту» левого края изображения, так как обратный ход затягивается и часть изображения развертывалась при обратном ходе строчной развертки. На рис. 4-41, *а* показано несколько типичных случаев зависимостей между формой синхросигнала и формой обратного хода пилообразного отклоняющего тока.

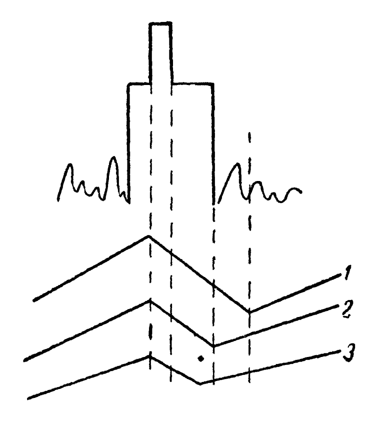


Рис. 4-41. Соотношения между длительностью обратного хода и длительностью гасящего импульса.

1 — обратный ход запаздывает; *2* — «идеальный» обратный ход; *3* — ускоренный обратный ход.

Получение высокого напряжения для кинескопа. Импульсы высокого напряжения, возникающие на аноде лампы $Л_1$ во время обратного хода строчной развертки, используются для различных целей.

На рис. 4-42 показана схема, в которой высоковольтные импульсы обратного хода преобразуются в высокое напряжение для питания анода кинескопа. С помощью дополнительной высоковольтной обмотки L_3, входящий в состав автотрансформатора, амплитуда импульсов повышается до 14 *кв*. Затем импульсы выпрямляются кенотроном $Л_2$. Цепь C_1, R_1, C_2 сглаживает пульсации высокого напряжения, так как гармоники строчной частоты представляют собой серьезную помеху радиоприему (10-я и 11-я гармоники строчной частоты попадают в спектр длинноволновых вещательных станций).

Напряжение для нити накала кенотрона $Л_2$ снимают со специальной обмотки строчного трансформатора L_4.

Размер строк и регулировка линейности. Из рис. 4-42 видно, что строчные отклоняющие катушки подключены к выходному каскаду автотрансформаторной схемы (в точках *2—3*).

Для регулировки размера строк применяется схема, состоящая из катушек L_5 и L_7. Изменением индуктивности катушки L_7 изменяют полную индуктивность системы, а следовательно, и запасенную энергию, что влияет на размах пилообразного тока. При изменении размера строк несколько меняется линейность пилообразного тока. На рис. 4-43, *а* показана кривая, соответствующая случаю, когда демпферный диод в открытом состоянии имеет большое сопротивление, или связь демпфера с обмоткой трансформатора слишком слаба, или же имеется асимметрия строчных катушек. В этих случаях

шунтирующее действие демпфера недостаточно и на экране заметны некоторые «остатки» колебательного процесса: сбоку на экране видны вертикальные темные и светлые полосы («столбы»).

Случай, изображенный на рис. 4-43, *б* бывает тогда, когда лампа $Л_1$ (рис. 4-42, *а*) отпирается слишком поздно. На экране при этом видна «свернутая» середина изображения.

Кривая, изображенная на рис. 4-43, *в*, получается наиболее часто: левый край изображения растянут (скорость пилы тока велика), а правый край сжат. Это происходит потому, что демпферный ток вна-

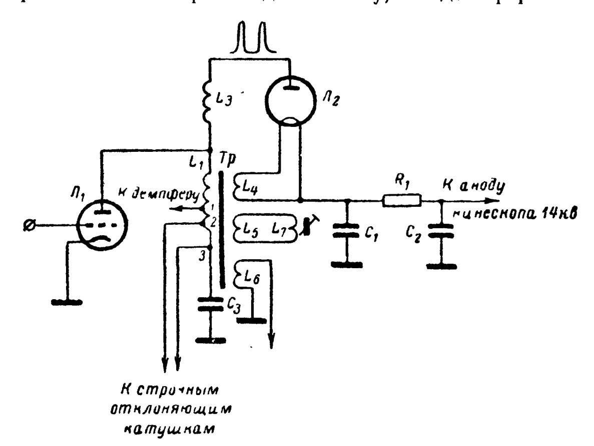


Рис. 4-42. Схема получения высокого напряжения для питания кинескопа.

чале немного повторяет ток колебательного процесса (см. рис. 4-43, *а*). Если тщательно выбрать точку подключения демпфера, а также амплитуду пилообразного напряжения на управляющей сетке лампы $Л_1$, то можно устранить этот недостаток. Случай, изображенный на рис. 4-43, *г*, встречается реже; он соответствует слишком большому напряжению возбуждения на управляющей сетке лампы $Л_1$, а также может быть и при очень сильной связи демпфера с трансформатором.

В некоторых телевизорах имеются элементы регулировки линейности по строкам. Они представляют собой один или несколько колебательных контуров, включенных последовательно с демпферной лампой (рис. 4-44). Каждый из этих контуров настроен на свою резонансную частоту. При работе демпфера, т. е. в первую половину рабочего хода строчной развертки, контуры влияют на общий ток демпфера. Это позволяет скорректировать нелинейность пилообразного тока. Таким образом, добавляя к нелинейному пилообразному току гармоники, можно менять его форму.

Если взять не два контура, как показано на рис. 4-44, а больше, то можно получить очень хорошую линейность. В телевизоре «Темп-2», где впервые появилась такая схема, один контур был настроен на основную частоту (15 625 *гц*), а другой — на третью гармонику.

После того, как в строчных трансформаторах стали применять феррокерамику, линейность строчной развертки резко возросла, и сейчас ограничиваются только одним корректирующим контуром. Его удобно включать так, как показано на рис. 4-45. Здесь корректирующий контур образован элементами C_1, C_2 и L_1. Удобство этой схемы состоит в том, что конденсаторы C_1 и C_2 одновременно служат накопительными, причем если в схеме рис. 4-44 на конденсаторе C_3 образуется напряжение порядка 600 *в*, то здесь (рис. 4-45) напряжение на каждом из конденсаторов — всего по 300 *в*. Но, как легко видеть из схемы, полное напряжение питания анода опять составляет 580 *в*. Пилообразное напря-

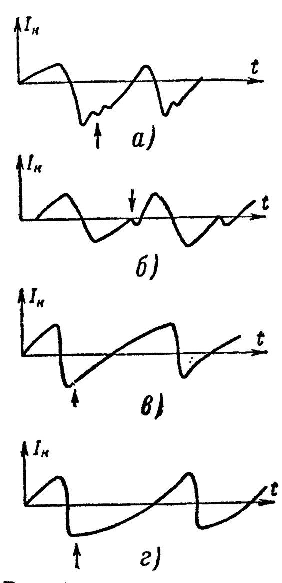


Рис. 4-43. Различные виды искажений строчного пилообразного тока.

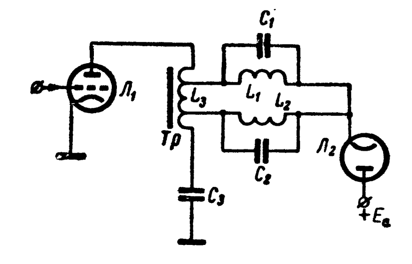


Рис. 4-44. Схема регулировки линейности развертки по строкам.

жение, подаваемое на управляющую сетку выходной лампы строчной развертки, вырабатывается каким-либо релаксационным генератором-мультивибратором, блокинг-генератором и т. п.

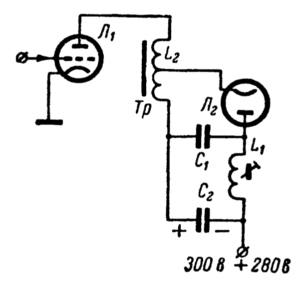


Рис. 4-45. Практическая схема регулировки линейности строчной развертки.

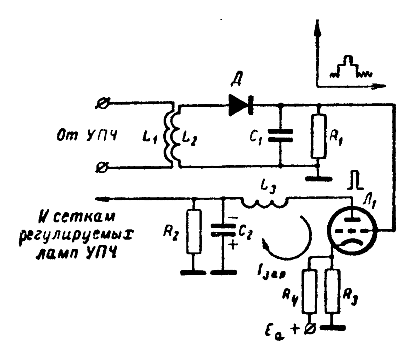


Рис. 4-46. Схема ключевой АРУ.

Паразитные колебания в блоке строчной развертки. Следует упомянуть об одном явлении, которое связано с работой блока строчной развертки и наблюдается преимущественно в высокочувствительных многоканальных телевизорах. Иногда на растре просматриваются вертикальные темные полосы, которые особенно интенсивны при работе телевизора на высокочастотных каналах. Исследования показали, что в данном случае телевизор принимает излучения выходного каскада строчной развертки. Эти паразитные колебания имеют очень высокую частоту (сотни мегагерц).

Они возникают при некоторых определенных напряжениях на электродах ламп. Устранить их можно, если вблизи выходной лампы строчной развертки поместить небольшой магнит. Последний, подобно магниту ионной ловушки кинескопа, совершенно не действует на основной поток электронов лампы, однако он сильно отклоняет те электроны, которые находясь вблизи управляющей сетки лампы, создают паразитные колебания. Некоторое уменьшение мощности паразитных колебаний можно получить, если в анодную цепь лампы (в непосредственной близости к баллону) включить небольшое активное сопротивление (30—50 *ом*).

Помехи от блока строчной развертки. Мы уже упоминали, что строчная развертка является источником значительных помех радиоприему. Импульсное напряжение, возникающее на аноде выходной лампы строчной развертки, весьма богато гармониками (вплоть до частот 30—40 *Мгц*). Борьба с помехами от схемы строчной развертки заключается прежде всего в тщательной экранировке всех цепей телевизора, по которым протекают большие токи строчной частоты (отклоняющие системы, строчные трансформаторы и пр.).

Использование импульсов строчной развертки в АРУ. В заключение рассмотрим применение импульсов строчной развертки в ключевой схеме АРУ. Интенсивность приходящего сигнала может быть определена по выходному напряжению видеодетектора. На рис. 4-46 показан один из вариантов системы АРУ. Катушка L_3 является одной из обмоток строчного трансформатора. Во время обратного хода по строкам в катушке L_3 возникает импульсное напряжение. Лампа $Л_1$ выполняет функцию своеобразного ключа, который открывает путь для заряда конденсатора C_2 импульсным напряжением строчного трансформатора. Степень отпирания лампы зависит от силы приходящего с детектора сигнала. Вся работа схемы протекает в течение времени действия синхроимпульса. Допустим, принятый сигнал имеет большую амплитуду, значит синхроимпульсы следуют на высоком амплитудном уровне и лампа $Л_1$ представляет собой малое сопротивление. Импульс строчной развертки зарядит конденсатор C_2 до большого отрицательного напряжения, которое и используется в качестве регулирующего напряжения АРУ. Если принятый сигнал слабее, то отрицательное напряжение на конденсаторе C_2 уменьшится (по абсолютной величине), что приведет к повышению усиления регулируемых ламп. Сопротивления R_3, R_4 образуют делитель напряжения для выбора нужного смещения на сетке лампы $Л_1$.

В схеме, показанной на рис. 4-46, для управления лампой $Л_1$ используется выходное напряжение видеодетектора. Иногда применяют специальный пиковый детектор, отличающийся от видеодетектора обычно тем, что сопротивление его нагрузки R_1 значительно больше, что повышает коэффициент передачи детектора; происходящий при

этом завал высоких частот не имеет значения, так как полоса частот, занимаемая синхроимпульсами, примерно 200—300 *кгц*.

Иногда напряжение для управления ключом $Л_1$ снимают с видеоусилителя. При этом между видеодетектором и видеоусилителем отсутствует переходный конденсатор.

Ключевая схема АРУ отличается высокой помехоустойчивостью, которая объясняется тем, что в образовании управляющего напряжения АРУ принимают участие только синхроимпульсы, а помехи, наложенные на сигнал, на схему АРУ не влияют.

4-12. КАДРОВАЯ РАЗВЕРТКА

Кадровые отклоняющие катушки. Кадровая развертка должна обеспечить в кадровых отклоняющих катушках линейный пилообразный ток частоты 50 *гц*. Вследствие такой низкой частоты различного рода паразитные емкости имеют меньшее значение, чем в строчной развертке. В первых телевизорах кадровые отклоняющие катушки содержали очень большое число витков тонкого провода. При большом числе витков отклоняющих катушек требуется небольшой отклоняющий ток, который легко получался от простых ламп при непосредственном включении катушек в анодную цепь лампы. Однако при массовом производстве намотка кадровых отклоняющих катушек проводом диаметром 0,08 *мм* оказалась неудобной из-за технологических трудностей.

В настоящее время кадровые катушки имеют столько же витков, сколько и строчные (иногда даже меньше), а для сохранения небольшого тока лампы применяют понижающий согласующий трансформатор, коэффициент трансформации которого равен 30—40.

Выходной каскад кадровой развертки. На рис. 4-47 показана типовая схема выходного каскада кадровой развертки. На управляющую сетку лампы подается пилообразное напряжение, снимаемое с потенциометра R_1, который регулирует размер по вертикали. Сопротивление R_2 сужает пределы регулировки вертикального размера для того, чтобы на экране кинескопа не могла получиться одна яркая строка (при этом возможно прогорание экрана кинескопа). С помощью потенциометра R_5 можно в известных пределах корректировать линейность кадрового отклонения.

Для повышения линейности пилообразного тока применяется обратная связь. Дифференцирующая цепь, образованная элементами C_3, R_5, реагирует на отклонения формы анодного напряжения от линейной; цепочка C_2, R_4 передает на управляющую сетку лампы напряжение, получающееся в результате дифференцирования. Пусть, например, кадровый пилообразный ток начал расти быстрее, чем по линейному закону; следовательно, напряжение на аноде лампы начнет падать также быстрее. На это изменение и будет реагировать дифференцирующая цепь C_3, R_3, в результате чего на сопротивлении R_3 появится некоторое отрицательное напряжение. Будучи переданным цепочкой, состоящей из элементов C_2, R_4 на управляющую сетку лампы, это отрицательное напряжение несколько сместит рабочую точку лампы, вследствие чего скорость изменения анодного тока уменьшится.

В некоторых типах телевизоров для повышения линейности кадровой развертки применяют очень сложные цепи обратной связи. Кро-

ме того, повышение линейности можно получить, применив специальные виды связи между блокинг-генератором кадров и выходным каскадом.

Так же как и в блоке строчной развертки, на аноде лампы $Л_1$ (рис. 4-47) во время обратного хода кадровой развертки возникают положительные импульсы напряжения, достигающие размаха 1000 *в*. Колебательный процесс, который также возникает в кадровых катушках, гасится шунтирующими сопротивлениями R_7 и R_8.

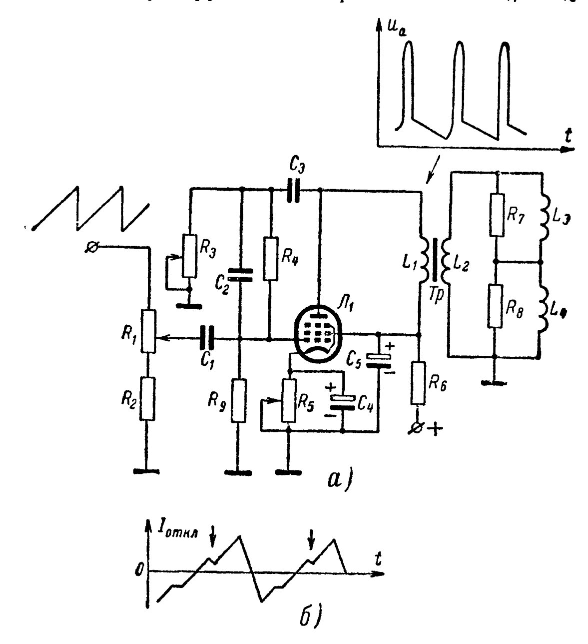


Рис. 4-47. Схема выходного каскада кадровой развертки.

Синхронизация кадровой развертки. Точность синхронизации кадровой развертки определяет качество чересстрочного разложения. Простейший способ синхронизации кадрового блокинг-генератора состоит в том, что импульсы кадровой синхронизации после интегрирующей цепи подаются через конденсатор C_1 на управляющую сетку лампы блокинг-генератора $Л_1$ (рис. 4-48). Достигая уровня напряжения, при котором лампа отпирается, эти синхроимпульсы вызывают блокинг-процесс, во время которого лампа $Л_1$ открыта, а конденсатор C_3 быстро разряжается через отпертую лампу. В промежутках между синхроимпульсами конденсатор C_3 медленно заряжается через сопротивление R_2, образуя прямой ход кадровой развертки.

Для получения наиболее линейного пилообразного напряжения блокинг-генератор питают от источника напряжением 580 *в*, которое

образуется в блоке строчной развертки. Чем больше напряжение E_a, тем большее сопротивление R_2 можно применить, а это дает лучшую линейность при той же амплитуде пилообразных колебаний $u_{макс}$ (рис. 4-48, *б*).

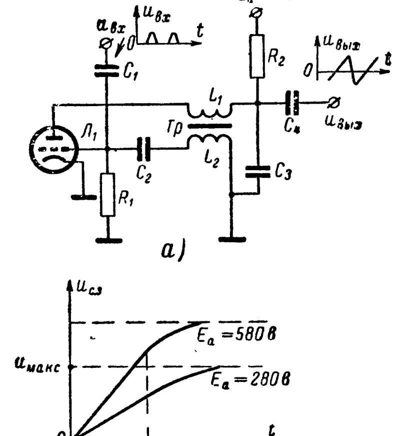


Рис. 4-48. Схема синхронизации блокинг-генератора кадров.

Иногда применяют другую схему кадровой синхронизации, основанную на ударном возбуждении контура (рис. 4-49). Через конденсатор C_1 на анод блокинг-генератора поступают положительные импульсы кадровой синхронизации $u_{вх}$. Эти импульсы ударно возбуждают контур, состоящий из индуктивности первичной обмотки трансформатора L_1 и паразитной емкости $C_{пар}$ Колебательный процесс в анодной цепи, вызванный этими импульсами, изображен на рис. 4-49, *б*. Эти колебания трансформируются в сеточную обмотку L_2, но в противоположной полярности. Во время первой отрицательной полуволны колебаний запускается блокинг-генератор.

На качество чересстрочного разложения влияет также схема строчной развертки. Так как строчные и кадровые отклоняющие катушки расположены в непосредственной близости друг от друга (они объединены в отклоняющую систему), то импульсы обратного хода строчной развертки, имеющие большой размах, могут через выход-

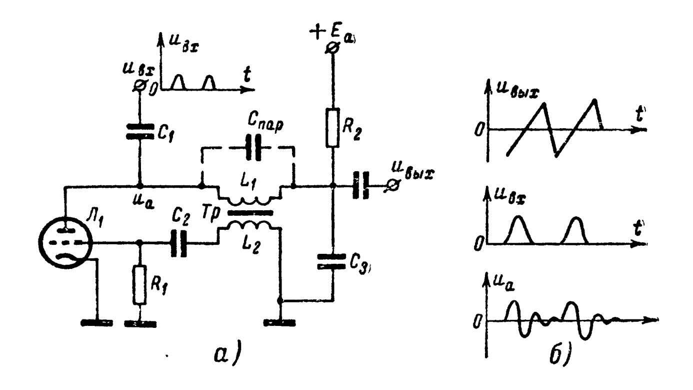


Рис. 4-49. Синхронизация кадровой развертки дифференцированным импульсом.

ной трансформатор кадров, через цепи обратной связи и, наконец, через цепи связи блокинг-генератора с выходным кадровым каскадом, попадать на управляющую сетку лампы кадрового блокинг-генератора. Эти импульсы строчной развертки могут запускать кадровую развертку и нарушать чересстрочное разложение.

Паразитные колебания в блоке кадровой развертки. В выходной лампе кадровой развертки могут возникать паразитные колебания, нарушающие работу схемы. На экранах телевизоров, в которых применяются лампы 6П6С или 6П1П, можно наблюдать одну или несколько ярких горизонтальных полос. Пилообразный ток в отклоняющих катушках кадров при этом имеет вид, показанный на рис. 4-47, *б*. Оказывается, что в этих лампах в некоторые моменты времени, определяемые режимом, возникает динатронный эффект, т. е. некоторые электроды лампы начинают сами испускать электроны. Это приводит к изменению основного анодного тока, вследствие чего нарушается линейность колебаний. В лампе 6П18П, разработанной специально для использования в выходном каскаде кадровой развертки, сделаны некоторые конструктивные изменения, предотвращающие появление динатронного эффекта.

4-13. ПИТАНИЕ ЦЕПЕЙ ТЕЛЕВИЗОРА

Питание цепей накала ламп. Для нормальной работы телевизора требуется несколько источников различных напряжений. Для питания накальных цепей ламп и кинескопа нужен источник напряжения 6,3 *в*. Так как обычно применяются лампы косвенного накала, напряжение накала может быть и переменным. Схема питания цепей накала может быть параллельной и последовательной (рис. 4-50, *а* и *б*). В первом случае напряжение 6,3 *в* получается от одной из обмоток силового трансформатора. Во втором случае последовательно соединенные подогреватели подключаются непосредственно к питающей сети, и понижающий трансформатор тогда не требуется. При этом используются специальные лампы с повышенным напряжением накала. Несмотря на конструктивные преимущества, способ последовательного питания накалов ламп имеет тот недостаток, что шасси телевизора оказывается под потенциалом сети. Поэтому в тех моделях, где применяется такое включение накалов ламп, приходится принимать серьезные конструктивные меры по изоляции шасси.

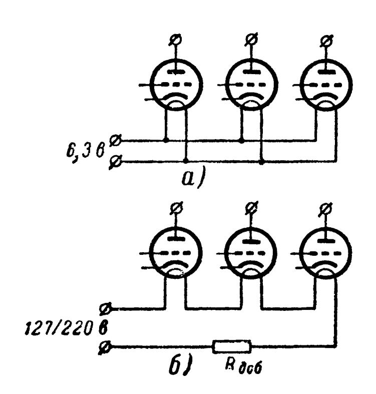


Рис. 4-50. Параллельное и последовательное включение цепей накала ламп.

Катод высоковольтного кенотрона нельзя питать от обмотки силового трансформатора, так как на катоде образуется напряжение 12—16 *кв*, поэтому требования к изоляции этой накальной обмотки были бы чрезвычайно серьезными. Обычно напряжение накала для

высоковольтного кенотрона подается от специальной обмотки строчного трансформатора, имеющей один-два витка. Мощность, потребляемая накальной цепью высоковольтного кенотрона, невелика, поэтому отбор части энергии от блока строчной развертки не приводит к значительным уменьшениям размаха строчного тока и ухудшению линейности строчной развертки.

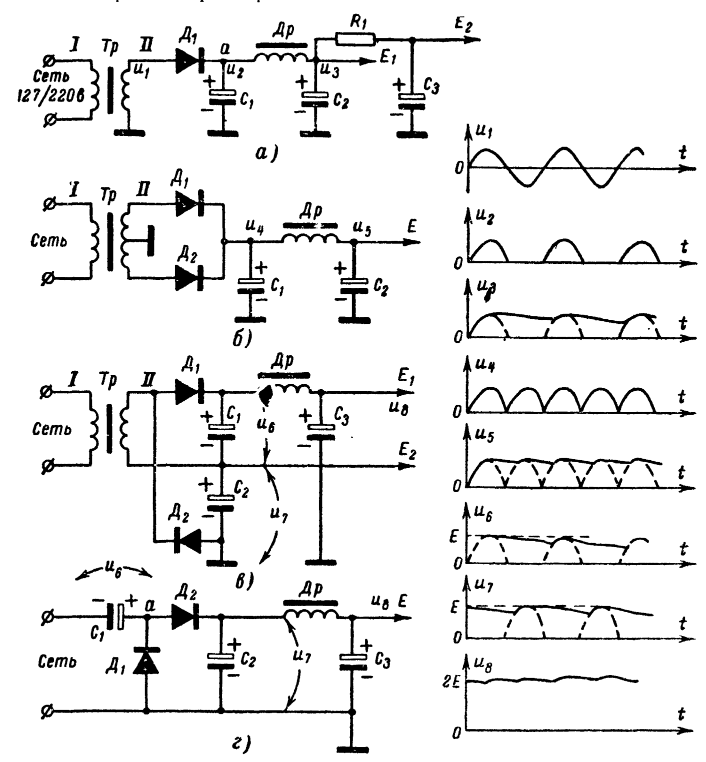


Рис. 4-51. Некоторые схемы выпрямителей для питания анодных цепей ламп.

Питание анодных цепей ламп. Обычно в телевизорах применяют лампы, которые по питающему анодному напряжению можно разбить на маломощные, требующие для анодного питания напряжения 100—150 *в*, и мощные, требующие напряжения 250—300 *в*. Поэтому выпрямители конструируются так, чтобы они давали эти два напряжения. На рис. 4-51 показано несколько типовых схем таких выпрямителей.

На рис. 4-51, *а* приведена простейшая схема однополупериодного выпрямления. Трансформатор *Тр* повышает напряжение до 270—300 *в*. Диод $Д_1$ пропускает только положительные полуволны напря-

жения. Без конденсатора C_1 (рис. 4-51, *а*) напряжение в точке *а* имело бы вид, показанный на графике u_2. Однако конденсатор C_1 сглаживает эти импульсы, образуя напряжение u_3. Дроссель *Др* совместно с конденсатором C_2 еще больше сглаживает выходное напряжение так, что на выходе выпрямителя получается постоянное напряжение E_1, хорошо отфильтрованное от переменной составляющей (u_3).

Напряжение E_1 равно 240—260 *в*. Для получения более низкого анодного напряжения (100—150 *в*) используется гасящее сопротивление R_1, на котором падает излишек напряжения. Этот способ получения меньшего анодного напряжения неэкономичен, так как часть энергии бесполезно тратится в гасящем сопротивлении R_1.

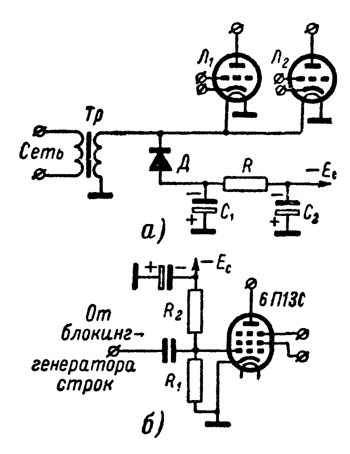


Рис. 4-52. Получение отрицательного напряжения.

Недостаток схемы, показанной на рис. 4-51, *а*, заключается в том, что для получения малой пульсации выпрямленного напряжения требуются большие емкости конденсаторов C_1, C_2 и большая индуктивность дросселя. Кроме того, диод $Д_1$ во время отрицательных полуволн должен выдерживать большие напряжения.

На рис. 4-51, *б* показана схема двухполупериодного выпрямителя. Здесь конденсатор C_1 поочередно заряжается через $Д_1$ и $Д_2$ от обеих полуволн сетевого напряжения (графики u_4 и u_5). Пульсации напряжения при использовании обеих полуволн уменьшатся; емкости и индуктивности фильтра можно уменьшить. Однако вторичная обмотка трансформатора в этой схеме должна содержать вдвое большее количество витков, чем по первой схеме.

Этот недостаток двухполупериодного выпрямителя можно устранить, если использовать схему двухполупериодного выпрямления с удвоением напряжения (рис. 4-51, *в*). Во время положительной полуволны здесь заряжается конденсатор C_1 через диод $Д_1$. В это же время диод $Д_2$ заперт. Во время отрицательной полуволны, наоборот, заряжается конденсатор C_2 через диод $Д_2$. Напряжения на конденсаторах C_1 и C_2 складываются благодаря последовательному включению этих конденсаторов (графики u_6, u_7, u_8). Таким образом, схема на рис. 4-51, *в* по сравнению со схемой на рис. 4-51, *а* при том же соотношении витков в трансформаторе позволяет получить вдвое большее напряжение.

Напряжение, образующееся на конденсаторе C_2, можно использовать в качестве анодного для маломощных ламп.

Удвоение напряжения можно получить и без сетевого трансформатора, так как это показано, например, на рис. 4-51, *г*. В этой схеме отрицательная полуволна сетевого напряжения через диод $Д_1$ заряжает конденсатор C_1, в результате чего на нем появляется напряжение, полярность которого показана на схеме. Приходящая затем по-

ложительная (относительно шасси) полуволна сетевого напряжения складывается с напряжением на конденсаторе C_1, благодаря чему в точке *а* полное напряжение оказывается примерно равным двойной амплитуде сетевого напряжения. Диод $Д_1$ при этом заперт, а диод $Д_2$ отпирается, и конденсатор C_2 заряжается напряжением с удвоенной амплитудой. В этой схеме происходит однополупериодное выпрямление, поэтому конденсаторы фильтра должны иметь большую емкость, а дроссель — большую индуктивность.

В настоящее время в выпрямительных схемах повсеместно используются германиевые или кремниевые диоды, которые имеют очень малое сопротивление прямому току и поэтому не создают заметной потери энергии.

Питание других электродов ламп. Для питания экранирующих сеток и других электродов с положительными потенциалами используется источник анодного напряжения, в цепь которого при необходимости ставятся гасящие сопротивления (или же делители напряжения). Иногда в телевизоре требуется небольшое отрицательное (относительно шасси) напряжение для сетевого смещения ламп, которое можно получить следующим образом. Так как один из выводов накальной обмотки трансформатора не заземляется, то ее можно использовать для простого однополупериодного выпрямителя на маломощном диоде (рис. 4-52, *а*). В этой схеме можно вместо дросселя фильтра применить высокоомное сопротивление R, так как ток, потребляемый в этой цепи, очень мал.

Другой способ получения отрицательного напряжения (рис. 4-52, *б*) состоит в использовании сеточных токов некоторых ламп. Например, на управляющей сетке лампы выходного каскада строчной развертки благодаря сеточным токам образуется отрицательное напряжение 25—30 *в*. Так как частота пилообразных строчных импульсов на сетке равна 15 625 *гц*, то отфильтровать переменную составляющую напряжения не представляет труда, получается отрицательное напряжение, которое используется для смещения в лампах усилителя низкой частоты звука, мощного выходного каскада кадровой развертки, видеоусилителя и т. д.

Глава пятая

УЛЬТРАКОРОТКИЕ ВОЛНЫ И ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ АНТЕННЫ

Антенна представляет собой первое звено приемной телевизионной установки, непосредственно улавливающее радиоволны, посланные телевизионным передатчиком, и преобразующее их в высокочастотное напряжение.

По кабелю (фидеру) высокочастотное напряжение подается во входные цепи усилителя высокой частоты. Качество приема телеви-

дения в сильной степени зависит от типа антенны, места ее установки, условий распространения радиоволн, особенностей близлежащей местности, характеристик кабеля и многих других причин, которые можно коротко назвать условиями приема.

5-1. ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИОВОЛН

Напряженность поля. На телевизионном центре изображение предмета, спроектированное на светочувствительную поверхность передающей трубки, преобразуется сначала в видеосигнал, а затем в высокочастотный сигнал, который с помощью передающей антенны излучается в пространство. Около передающей антенны создается электромагнитное поле, интенсивность которого падает с удалением от передающей антенны.

Электромагнитное поле радиоволн характеризуется напряженностью, поляризацией, скоростью распространения, длиной волны и т. п.

Если взять провод длиной в 1 *м*, то величина э. д. с., наведенной электромагнитным полем в этом проводе, будет численно равна напряженности электромагнитного поля. Единица измерения напряженности радиоволн имеет размерность вольт на метр. Предположим, напряженность поля составляет 0,1 *в/м*. Тогда, очевидно, в проводе длиной 50 *см* наведется э. д. с. 0,05 *в*.

Поляризация радиоволн. Теперь познакомимся с понятием поляризации радиоволн. Поместим отрезок провода, показанный на рис. 5-1,*а*, в электромагнитное поле и начнем медленно вращать провод в разных направлениях, располагая его горизонтально и вертикально. Если одновременно измерять ток в проводе или разность потенциалов на его концах, то обнаружится, что они изменяются в зависимости от положения провода. В некоторых положениях провода напряжение будет максимально, в некоторых — пропадет. Таким образом, отрезок провода обладает пространственной избирательностью, своего рода направленностью. Не со всех сторон одинаково принимаются радиоволны. Это происходит по двум причинам. Во-первых, радиоволны имеют определенную структуру, определенное свойство, называемое поляризацией радиоволн, во-вторых, действительно сама антенна (в данном случае отрезок провода) по-разному принимает радиоволны, приходящие с той или иной стороны.

Чтобы понять сущность поляризации радиоволн, необходимо отметить, что распространяющаяся радиоволна представляет собой совокупность одновременно перемещающихся электрического и магнитного полей (отсюда и название — электромагнитное поле). Электрическую составляющую поля обнаруживают с помощью линейного отрезка провода, а магнитную составляющую можно было бы обнаружить с помощью катушки индуктивности (кстати, существуют «индуктивные» антенны, представляющие собой один или несколько витков провода, намотанных в виде рамки). Если электрические силовые линии поля расположены горизонтально, то оно наведет наибольшую э. д. с. в горизонтальной антенне. В этом случае говорят, что радиоволны имеют горизонтальную поляризацию (рис. 5-1, *б*). Если поле имеет горизонтальную поляризацию, то приема радиоволн на вертикальный отрезок провода не будет. Поляризация может быть и вертикальной, если силовые линии электрического поля радиоволн

также вертикальны. Встречается и круговая поляризация, при которой электрические силовые линии имеют вид окружностей. Практически очень трудно получить точно горизонтальную или точно вертикальную поляризацию радиоволн. Всегда имеются составляющие радиоволн в любой плоскости. Поэтому на практике приемные антенны иногда наклоняются в разные стороны, несмотря на то, что почти все антенны телевизионных передатчиков излучают горизонтально-поляризованные радиоволны.

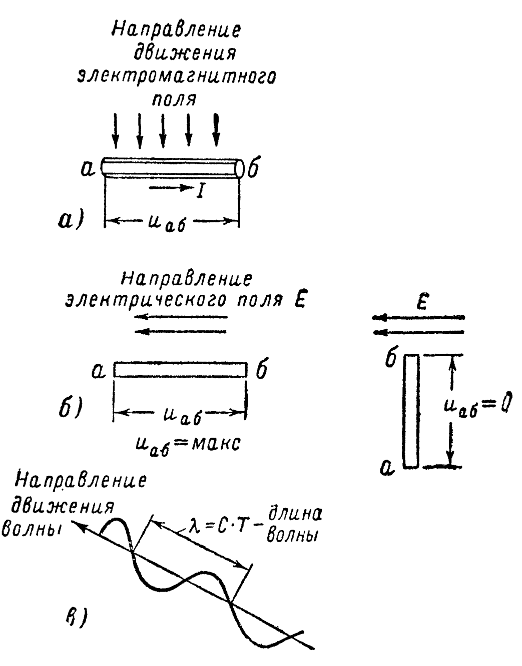


Рис. 5-1. Поляризация радиоволн.

Отражение радиоволн. Чтобы разобраться в преимуществах горизонтально-поляризованных радиоволн по сравнению с вертикально-поляризованными, следует остановиться на свойстве радиоволн отражаться от различных предметов.

Радиоволны, попадая на окружающие предметы, наводят в них электрические токи. Эти токи в свою очередь создают свое электромагнитное поле — происходит отражение радиоволн, аналогичное отражению света от разных предметов. Металлические предметы лучше отражают радиоволны, чем неметаллические. Практически же все предметы в той или иной степени отражают радиоволны. Эффект отражения зависит от многих причин и в первую очередь от частоты электромагнитных колебаний. Кроме того, отражающая способность предметов зависит также и от поляризации радиоволн.

Вследствие отражения радиоволн от разных предметов к приемной телевизионной антенне, помимо основного сигнала, поступают также и отраженные радиоволны, что приводит к искажению изображения.

Поэтому целесообразно выбрать такую поляризацию радиоволн, при которой отраженные волны менее интенсивны. Эксперименты показали, что горизонтально-поляризованные волны в среднем отражаются слабее, чем вертикально-поляризованные. Кроме того, при распространении вертикально-поляризованных радиоволн земная поверхность поглощает примерно 25% энергии.

Для приема горизонтально-поляризованных радиоволн должны применяться антенны, элементы которых располагаются в горизонтальной плоскости.

Скорость распространения радиоволн и длина волны. Скорость распространения радиоволн равна 300 000 *км/сек*. Таким образом, телевизионные передачи могут практически мгновенно приниматься телевизорами, установленными в любой точке земного шара.

Длина волны электромагнитных колебаний λ равна пути, проходимому при их распространении в пространстве за время, равное периоду T колебаний: $\lambda = c \cdot T$ (рис. 5-1, *в*). Например, для первого телевизионного канала несущая частота сигналов изображения равна примерно 50 *Мгц*. Следовательно, период этого колебания равен $1/50 \cdot 10^{-6}$ *сек*, а длина волны λ равна

$$300\,000 \text{ км/сек} \cdot 1/50 \cdot 10^{-6} \text{ сек} = 6\,000 \cdot 10^{-6} \text{ км} = 6 \text{ м}.$$

Теперь после краткого рассмотрения основных свойств радиоволн обратимся к изучению условий их распространения.

5-2. КАК РАСПРОСТРАНЯЮТСЯ РАДИОВОЛНЫ

В каких направлениях и как происходит распространение радиоволн? Почему некоторым радиолюбителям иногда удается принимать телевизионные передачи на расстоянии тысяч километров от передатчиков?

Телевизионная передающая антенна устроена так, что основная часть энергии направляется параллельно земле, но все же часть ее рассеивается и по другим направлениям.

На рис. 5-2 схематически показаны различные возможные пути распространения радиоволн. Из него видно, что для радиоволн имеется целый ряд возможных путей распространения, позволяющих вести прием телевизионных передач.

Распространение в пределах прямой видимости. До высот примерно 10 *км* состав атмосферы мало изменяется. С увеличением высоты несколько изменяются давление, температура и влажность воздуха. На характер распространения радиоволн влияют многие факторы, в том числе и состояние атмосферы. Если бы окружающая среда была совершенно однородна, то распространение радиоволн происходило бы прямолинейно, как распространяется свет (луч *1* на рис. 5-2). Однако даже в самых нижних слоях атмосферы могут возникать различного рода неоднородности в виде масс теплого или холодного воздуха, тумана, дождя, уплотнения или разрежения воздуха, вызванного ветрами, и т. п. Поэтому нельзя считать, что в нижних слоях атмосферы (в тропосфере) радиоволны распространяются

прямолинейно. Например, при изменении плотности воздуха происходит искривление (рефракция) радиолуча, как показано на рис. 5-3, *а*.

Некоторое огибание земной поверхности радиоволнами (дифракция) (рис. 5-3, *б*) позволяет вести прием телевидения за пределами прямой видимости. Для увеличения дальности приема радикальным средством служит подъем передающей и приемной антенн над землей и увеличение мощности передатчика и чувствительности телевизора.

Для регулярного телевизионного вещания пользуются в основном радиоволнами, распространяющимися в пределах прямой геометри-

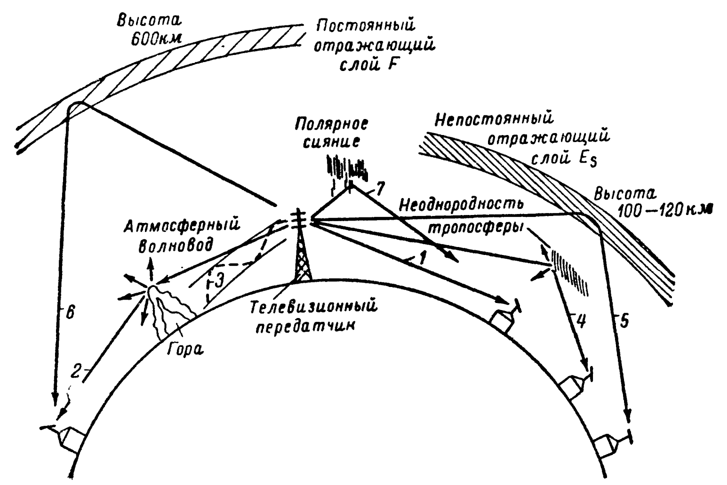


Рис. 5-2. Различные пути распространения радиоволн.

ческой видимости. Однако возможен дальний прием телевизионных программ при приеме лучей *2*—*7*, показанных на рис. 5-2.

Использование явления дифракции. Если на пути распространения радиоволн встречается какое-либо препятствие, то радиоволны до некоторой степени огибают это препятствие (луч *2* на рис. 5-2). Это явление называется дифракцией радиоволн. Объяснить это можно тем, что поверхность препятствий как бы переизлучает падающие волны. Если размеры препятствия несколько меньше или соизмеримы с длиной волны, то дифракция выражена наиболее сильно. Действительно, препятствие с такими размерами представляет собой антенну, которая принимает колебания и тут же их переизлучает. При распространении радиоволн в гористой местности нередко наблюдается уверенный прием радиоволн позади препятствия, которое закрывает передающую антенну от приемной. Высокая гора, расположенная на пути распространения радиоволн, может иногда значительно увеличить дальность действия телевизионного передатчика.

Явление дифракции для применяемых в телевидении метровых радиоволн выражено довольно слабо, так как размеры препятствий на поверхности земли значительно больше длины волны. Для длин-

ных волн наблюдается сильная дифракция, благодаря чему на длинных волнах связь можно вести с помощью «земной» волны на очень большие расстояния.

Использование явления рефракции. Если атмосфера неоднородна, то путь луча будет искривляться, т. е. произойдет рефракция луча (рис. 5-3, *а*). Иногда при особых метеорологических условиях искривление радиолуча настолько сильно, что луч, направленный вверх, попадает обратно на землю (рис. 5-3, *в*). Отразившись от точки *А*

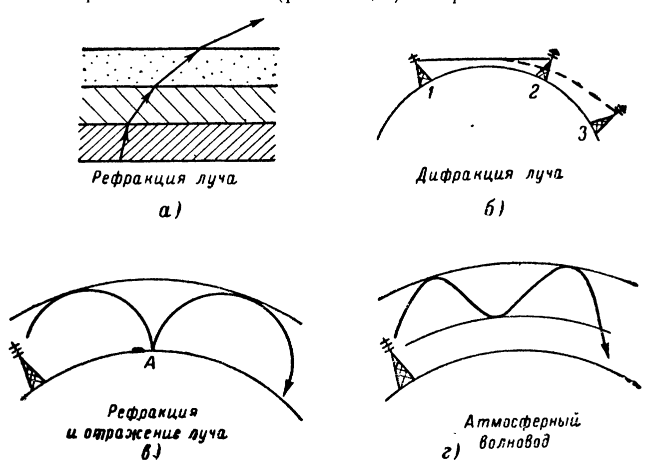


Рис. 5-3. Рефракция и дифракция радиоволн.

на поверхности земли, луч снова искривляется и т. д. Такой луч может иногда распространяться на очень большие расстояния, исчисляемые тысячами километров. Иногда явление рефракции протекает по-другому, если плотный слой атмосферы поднят над земной поверхностью (рис. 5-3,*г*). Волна распространяется в своеобразном атмосферном волноводе.

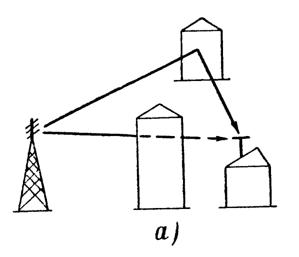
Отражения от неоднородностей тропосферы. Иногда в тропосфере (слой до высоты 10 *км*) образуются слои воздуха с резко различными свойствами, например при прохождении фронтов теплого или холодного воздуха, плотных облаков и пр. От границ этих неоднородностей может происходить отражение радиоволн (луч *4* на рис. 5-2). Помимо этого, ряд метеорологических образований рассеивает радиоволны во все стороны, в том числе и в направлении на землю. Это явление тропосферного рассеяния позволяет в некоторых случаях увеличить дальность приема до 300—500 *км*.

Отражения от ионосферного слоя E_s**.** Случайно возникший в ионосфере на высотах 100—120 *км* слой E_s имеет высокую степень ионизации, благодаря чему его отражающая способность приближается к отражающей способности металла. Однако вследствие случайного (спорадического) характера возникновения слоя E_s нельзя получить уверенный, постоянный прием радиоволн с использованием

этого явления. Все же радиолюбителям удается иногда принимать телевизионные передачи из многих городов Западной Европы именно благодаря случайным образованиям слоя E_s (луч *5* на рис. 5-2).

Отражения от регулярного слоя *F*. На больших высотах (до 600 *км*) располагается постоянно ионизированный слой атмосферы (слой *F*). Степень ионизации этого слоя зависит от степени солнечной активности. При отражении от высоко расположенного слоя *F* радиоволны могут распространяться на расстояния до 5 000 *км* (луч *6* на рис. 5-2).

Отражения от областей полярных сияний. Области атмосферы, где наблюдаются полярные сияния, характеризуются высокой степенью ионизации, благодаря чему также возможно отражение радиоволн от этих областей (луч *7* на рис. 5-2). В литературе встречаются сообщения о приеме телевидения на расстояниях от 2 000 *км* от передатчика с использованием областей полярных сияний.



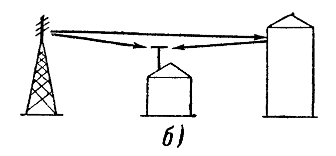


Рис. 5-4. На приемную антенну попадают радиоволны, отраженные от различных предметов.

Помимо указанных путей распространения радиоволн, существуют и другие, еще мало исследованные. Это — отражения от метеоритных следов, отражения от недавно обнаруженных радиационных поясов вокруг Земли и т. п.

Несмотря на большое число возможных путей распространения радиоволн, основная для телевидения связь происходит на волнах, распространяющихся в прямой видимости, при которой получается наибольшая интенсивность принимаемых сигналов и высокая помехоустойчивость приема.

Влияние местных предметов. На своем пути радиоволны встречают здания, мосты и другие сооружения. При использовании наружной антенны, установленной на крыше здания, могут наблюдаться явления затенения и поглощения радиоволн. Если между приемной и передающей антеннами расположено высокое здание, то прямой луч сильно ослабляется и не принимается приемной антенной. Однако прием всегда наблюдается из-за отражения от других предметов (рис. 5-4,*а*). В городах обычно на приемную антенну приходят радиоволны, отраженные от многих предметов (рис. 5-4, *а* и *б*).

Вследствие пространственной избирательности приемных антенн во многих случаях удается избавиться от отраженных волн или вести прием одного из наиболее интенсивных отраженных лучей.

Стены зданий сильно поглощают радиоволны, поэтому, как правило, прием на комнатную антенну возможен лишь вблизи телевизионных передатчиков. Стены деревянных зданий ослабляют радиоволны в 5—15 раз, стены каменных домов в 30 раз и более, а стены железобетонных сооружений — в еще большей степени. Если ком-

натную приемную антенну поместить вблизи окна, то интенсивность принимаемых сигналов оказывается несколько большей, чем при размещении антенны около затеняющей стены.

Электромагнитное поле внутри комнаты имеет сложный характер, поэтому нередко приходится отыскивать такое место в комнате, где получается наиболее уверенный прием. При этом иногда оказывается, что если в каком-либо месте комнаты изображение удовлетворительно, то звук может быть плохим и наоборот. В таких случаях все же лучше пользоваться наружной антенной.

Как уже отмечалось в разд. 5-2, в телевидении принята горизонтальная поляризация радиоволн. При отражении радиоволн от различных предметов поляризация радиоволн может изменяться. Может даже оказаться, что отраженная волна имеет круговую поляризацию.

Интенсивность отраженных волн с разной поляризацией также различна. Поэтому иногда может оказаться полезным отказаться от обычного горизонтального расположения приемной антенны и наклонить ее в ту или иную сторону для улучшения качества и силы приема.

5-3. ПРИЕМНЫЕ ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ АНТЕННЫ

Почти все приемные телевизионные антенны содержат металлические провода, располагаемые в пространстве так, чтобы их длинные стороны оказывались параллельными горизонтальной электрической составляющей поля (для принятой в телевидении горизонтальной поляризации радиоволн). Количество типов антенн очень велико, свойства их различны, поэтому рассмотрим сначала принципы работы приемной антенны.

Резонансные свойства отрезков проводов. Для того чтобы хорошо разобраться в работе различных антенн и фидерных устройств,

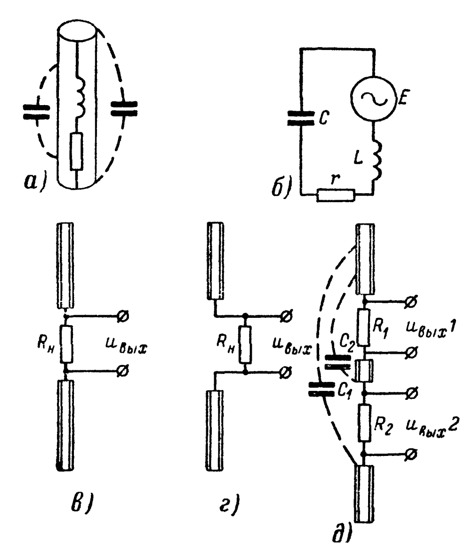


Рис. 5-5. Работа симметричного вибратора.

следует предварительно познакомиться с резонансными свойствами отрезков проводов. Дело в том, что э. д. с., наведенная в отрезке провода под воздействием электромагнитного поля, не остается неизменной. Токи, протекающие в разных частях одного и того же отрезка провода, взаимодействуют между собой, благодаря чему возникают явления, подобные резонансным явлениям, наблюдаемым в контурах.

Объясняется это тем, что любой отрезок провода обладает индуктивностью и емкостью, образующими колебательную систему. Эквивалентная схема отрезка провода может быть изображена в виде колебательного контура с сосредоточенными емкостью, индуктивностью и сопротивлением (рис. 5-5, *а*). Наведенная в этом проводе э. д. с. может быть изображена также в виде э. д. с. эквивалентного генератора E (рис. 5-5, *б*). В таком контуре возможно возникновение резонанса токов, поэтому при некоторой частоте поля в катушке будет протекать ток максимальной амплитуды. Собственное активное сопротивление антенны r очень мало и им можно пренебречь. Если теперь в разрыв антенного провода включить некоторое добавочное активное сопротивление нагрузки $R_н$ (рис. 5-5, *в*), то на нем образуется напряжение высокой частоты, которое можно подать на вход усилителя высокой частоты телевизора. Обычно сопротивление нагрузки располагают не на самом антенном проводе, а непосредственно на входе телевизора так, как показано на рис. 5-5,*г*. Возникает такой вопрос: где лучше всего разместить сопротивление, т. е. в каком месте сделать разрыв антенного провода? Для этого обратимся к рис. 5-5, *д*.

Всю распределенную емкость антенного провода изобразим в виде двух емкостей C_1 и C_2. Поместим нагрузочное сопротивление в середине провода и на краю (оба сопротивления помещены в одну антенну для наглядности). Переменный ток, протекающий по сопротивлению R_2, равен току, протекающему через конденсатор C_1. А ток, протекающий по сопротивлению R_1, равен току, протекающему через оба конденсатора. Естественно, этот ток больше первого. Таким образом, располагая нагрузочное сопротивление точно посередине антенного провода, мы получим максимальное выходное напряжение.

Большое значение имеет величина сопротивления $R_н$. Путем расчета можно показать, что имеется некоторое значение сопротивления нагрузки, при котором антенна отдает максимальную мощность. Такое сопротивление называют согласованным с выходным сопротивлением антенны.

Длинная линия. Мы рассмотрели некоторые свойства простейшей антенны — отрезка провода. Каковы же должны быть оптимальные размеры этой антенны или, как его называют, вибратора? Для этого следует познакомиться с резонансными свойствами отрезков линий передачи. Для передачи электрических сигналов на расстояние используют линии передачи, представляющие собой два параллельных или коаксиальных провода. Обычно эта линия имеет длину во много раз большую, чем длина волны распространяющихся в ней электромагнитных колебаний, поэтому ее называют длинной линией.

Прохождение импульсного сигнала по длинной линии. Рассмотрим, как проходят по длинной линии импульсные и синусоидальные

сигналы. Пусть до момента времени t_1 (рис. 5-6, *а*) напряжение источника E равно нулю, и в линии нет никаких напряжений и токов. В момент t_1 напряжение на входе линии скачком возрастает до величины E. Так как электрические колебания распространяются в проводах с конечной скоростью, близкой к 300 000 *км/сек*, то через некоторое время, определяемое длиной линии, этот скачок сигнала

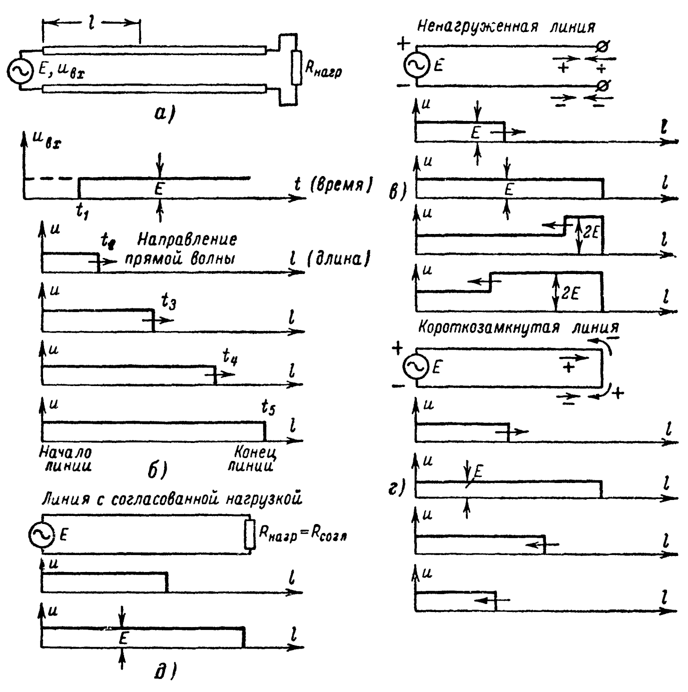


Рис. 5-6. Работа длинной линии при импульсном воздействии.

от 0 до E («передний фронт волны») достигнет правого конца линии. На рис 5-6, *б* показаны последовательные этапы движения переднего фронта *u* волны напряжения вдоль линии. На входе линии напряжение продолжает оставаться постоянным и равным E. Дойдя до конца линии, передний фронт волны начнет перемещаться в обратном направлении — ведь только в обратном направлении имеются провода, по которым могут распространяться электрические колебания. Появится отраженная волна, характер которой зависит от состояния конца линии. Если линия разомкнута на конце (или сопротивление нагрузки $R_н$ очень велико), то обратная волна не изменит своей полярности. Обратная волна по амплитуде окажется равной прямой и напряжение на линии удвоится (рис. 5-6, *в*).

Если линия замкнута на конце (рис. 5-6,*г*), то произойдет изменение полярности фронта волны на обратную, и при сложении прямой и обратной волны произойдет нейтрализация напряжения на линии. Действительно, ток, например, из нижнего провода линии, продолжая свое движение, переходит в верхний провод, при этом он меняет свое направление на обратное.

Волновое сопротивление линии. Существует некоторое определенное сопротивление нагрузки $R_н$, при котором не возникает отраженной волны (рис. 5-6, *д*). Такое сопротивление называют согласованным или волновым. Величина этого сопротивления зависит от размеров линии, толщины проводов, расстояния между ними и свойств среды. Замечательное свойство волнового сопротивления состоит в том, что если линия нагружена на него, то вне зависимости от длины линии не возникает обратной волны и по линии в нагрузку передается сигнал максимально возможной мощности.

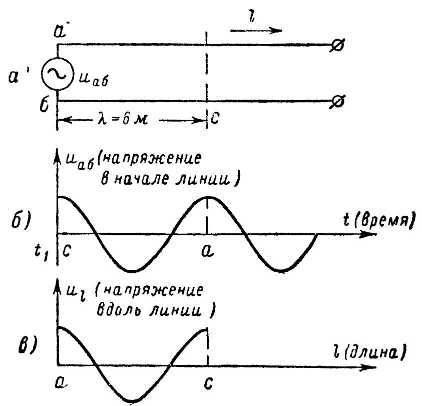


Рис. 5-7. Работа длинной линии при синусоидальном воздействии.

Вторая особенность линии, нагруженной на волновое сопротивление, заключается в том, что для любого отрезка такой линии входное сопротивление ее, имея активный характер, равно волновому. Кабели, обычно применяемые в телевидении в качестве линий передачи энергии от антенны ко входу УВЧ, имеют волновое сопротивление 75 или 300 *ом*.

Прохождение синусоидального сигнала по длинной линии. Рассмотрим, как проходит по длинной линии синусоидальный сигнал. Для примера предположим, что частота этого напряжения равна 50 *Мгц* (длина волны равна 6 *м*).

Если длина волны равна 6 *м*, то это означает, что за время, равное одному периоду ($1/50 \cdot 10^{-6}$ *сек*), волна распространяется на расстояние 6 *м* (пока пренебрегаем скоростью радиоволн в кабелях, которая несколько ниже, чем в воздухе, и поэтому в кабелях происходит некоторое укорочение длины волны). Пусть в момент t_1 (рис. 5-7) на линию поступает передний фронт волны, равный амплитуде этих колебаний. Этот фронт начнет распространяться вдоль линии и через время, равное периоду колебаний, достигнет точки, отстоящей от начала линии на 6 *м* (точка *с*). Зафиксируем этот момент времени и посмотрим, как распределены напряжения на линии. Будем отсчитывать напряжение на линии от верхнего провода к нижнему.

Тогда распределение потенциалов будет иметь вид, показанный на рис. 5-7,*б*. Передний фронт волны дойдет до точки *с*.

На рис. 5-7,*в* изображено мгновенное значение разности потенциалов отдельных точек между верхним и нижним проводами линии. Эта прямая волна непрерывно перемещается слева направо и наконец достигает правого конца линии. Здесь опять, как и в предыдущем случае, в зависимости от вида нагрузки в линии устанавливается тот или иной тип колебаний. Если линия разомкнута или замкнута накоротко (рис. 5-8, *а* и *б*), то появятся отраженные волны, которые, складываясь с прямыми, создадут так называемые стоячие волны. В этом случае имеются некоторые точки на линии, в которых напряжение всегда равно нулю, это — узлы напряжения. Точки, где напряжение по амплитуде максимально, называются «пучностями» напряжения. Для разомкнутой линии максимальная амплитуда будет на концах линии, а первый от конца узел напряжения отстоит от конца линии на $^1/_4$ длины волны. Для замкнутой линии напряжение на конце равно нулю, а первый узел расположен на расстоянии полуволны от конца. Расстояние от конца линии до первого узла напряжения определяется частотой колебаний. Чем выше частота колебания, тем меньше это расстояние.

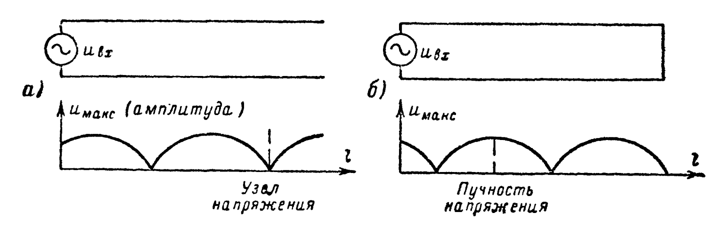


Рис. 5-8. Распределение амплитуд вдоль ненагруженной и замкнутой накоротко линии.

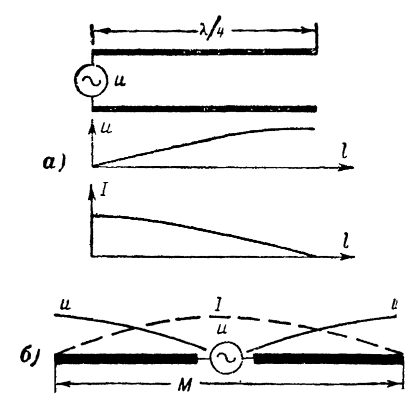


Рис. 5-9. Четвертьволновая линия и полуволновый вибратор.

Как и для рассмотренного выше импульсного процесса, при наличии на конце линии согласованного (волнового) сопротивления нагрузки, вдоль линии устанавливается бегущая волна без пучностей и узлов, т. е. амплитуда напряжения вдоль линии всюду одинакова и равна напряжению источника.

Для получения бегущей волны, при которой отсутствуют отражения от концов линии, надо, чтобы и левый конец линии был со-

гласован с генератором, а это означает, что выходное сопротивление генератора должно быть равно входному сопротивлению линии, т. е. волновому сопротивлению (если она согласована на правом конце).

Четвертьволновый отрезок линии. Возьмем отрезок разомкнутой линии (рис. 5-9, *а*) длиной $^1/_4$ волны (для волны 6 *м* это составит 1,5 *м*). Подадим на вход этого отрезка синусоидальное напряжение от генератора. Вдоль линии установится стоячая волна с некоторым распределением амплитуд напряжений. Напряжение будет максимально на конце линии. Там же показано распределение тока в проводах. Ток равен нулю на концах разомкнутой линии (справа)

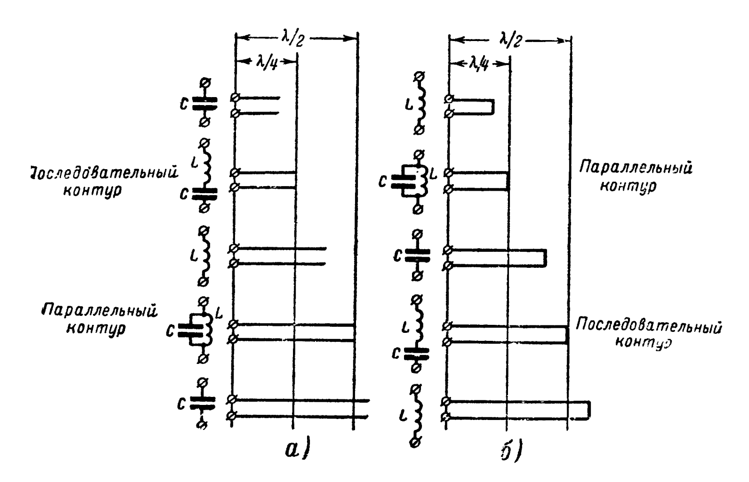


Рис. 5-10. Зависимость входного сопротивления отрезка линии от вида нагрузки.

и постепенно увеличивается к генератору. В четвертьволновом отрезке линии как бы наступает резонанс. Действительно, если к его левому концу приложить малое напряжение, то на его концах напряжение может быть во много раз больше. Ток же оказывается минимальным на правом конце линии.

Резонансные свойства отрезков линий. Указанное свойство отрезков длинной линии резонировать на определенных частотах широко используется в радиотехнике. Например, в высокочастотных блоках для приема телевидения на дециметровых волнах в качестве резонансных контуров применяют отрезки длинных линий.

Так же как и контур, образованный емкостью и индуктивностью, отрезок длинной линии характеризуется входным сопротивлением. В зависимости от длины отрезка линии это входное сопротивление может иметь емкостный или индуктивный характер.

На рис. 5-10 показано, как изменяется характер входного сопротивления ненагруженной и замкнутой линии в зависимости от того, какое количество волн укладывается вдоль линии. Резонанс-

ные свойства линии проявляются тогда, когда длина линии составляет целое число четвертей длины волны.

Важным является свойство линии повторять характер входного сопротивления при изменении ее длины на половину длины волны. Если, например, требуется отрезок замкнутой накоротко линии с входным сопротивлением, соответствующим параллельному колебательному контуру, то длина такой линии может быть равной $^1/_4$ длины волны или $^5/_4$ длины волны и т. д.

Если по каким-либо конструктивным причинам необходимо укоротить линию, сохранив при этом ее резонансные свойства, то можно

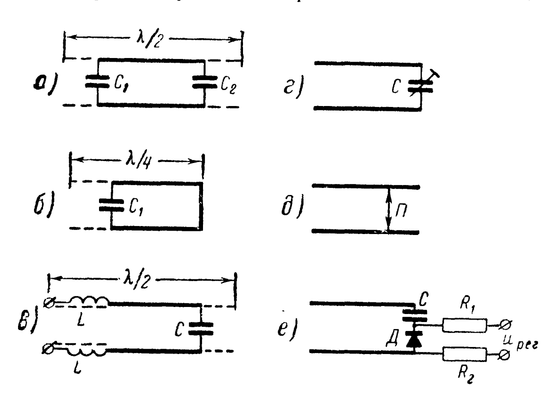


Рис. 5-11. Способы укорочения линии.

применить один из способов, показанных на рис. 5-11, *а б, в*. Удаленные концы линии можно заменить емкостями (рис. 5-11, *а, б*) или подключить индуктивности (рис. 5-11, *в*). Для перестройки линии применяют один из способов, показанных на рис. 5-11, *г, д, е*. Перестраивая емкость *C*, как бы изменяют эквивалентную длину линии, а следовательно, и ее резонансную частоту. Способ, показанный на рис. 5-11, *д*, предполагает непосредственное изменение длины линии, однако такой метод в конструктивном отношении труднее выполним, так как трудно получить хороший контакт перемычки *П* с проводами линии. На рис. 5-11, *е* показан способ изменения эквивалентной длины линии при помощи переменной емкости или индуктивности, регулируемых путем изменения сопротивления диода *Д*.

Вибратор как отрезок линии. Развернем отрезок длинной линии так, как показано на рис. 5-9, *б*. Получится электрическая система, называемая вибратором. Можно сказать, что вибратор также представляет собой длинную линию, у которой расстояния между отдельными точками проводов неодинаковы. Распределенные индуктивности проводов вибратора и емкости между ними образуют сложную колебательную систему.

Если к середине вибратора (это как бы начало линии) подключить генератор, то вдоль проводов вибратора установятся напряжения и токи, амплитуды которых указаны на графиках рис. 5-9, *б*

(ток при этом измеряется в проводе, а напряжение — между данной точкой и центром вибратора). Вследствие резонансных свойств такого вибратора (видоизмененной длинной линии) можно утверждать, что если вместо генератора включить сопротивление нагрузки, а вибратор поместить в электромагнитное поле, то под воздействием наведенной э. д. с. в нагрузке возникает ток. Если длина вибратора *М* равна полуволне колебаний, то амплитуда тока в нагрузке будет максимальной. Она уменьшается по мере увеличения разницы между длиной вибратора и длиной волны приходящих колебаний.

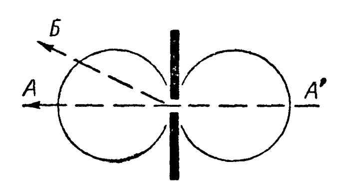


Рис. 5-12. Формирование диаграммы направленности антенны.

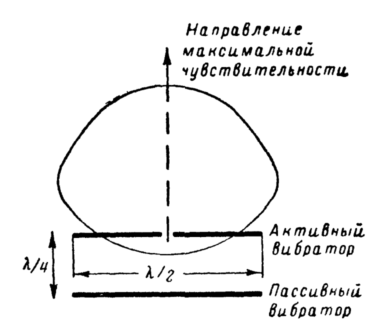


Рис. 5-13. Работа пассивного элемента-рефлектора

Диаграмма направленности антенны. Диаграммой направленности приемной антенны называется зависимость э. д. с. на выходных зажимах антенны от направления прихода радиоволн. Если антенна расположена параллельно электрической составляющей поля, то во всех ее точках наводится синфазные, согласованно действующие э. д. с. Если же антенна наклонена по отношению к фронту волны, фаза всех наведенных элементарных э. д. с. не будет одинакова, поэтому суммарная э. д. с. будет меньше. Если вибратор расположить перпендикулярно электрическому полю волны, то выходное напряжение окажется равным нулю.

Эту зависимость силы приема от ориентации антенны изображают в виде диаграммы направленности антенны. На рис. 5-12 показана диаграмма направленности для полуволнового вибратора, изображенного на рис. 5-9, *б*. С направления, перпендикулярного вибратору, прием происходит лучше всего. С направления *Б* прием слабее. По направлению оси вибратора прием отсутствует.

Диаграмма направленности состоит из двух лепестков. Это означает, что антенна принимает сигналы как с правой, так и с левой стороны. В этом заключается недостаток такой антенны, так как вместе с сигналами телевизионного передатчика, расположенного в направлении *А*, на вход телевизора одновременно будут приходить помехи от радиостанций, которые могут быть в направлении другого максимума приема *А'*. Для повышения направленности применяют сложные конструкции антенн.

Пассивные вибраторы. Для устранения одного из лепестков диаграммы направленности вибратора можно, например, поставить металлический экран с той стороны, откуда прием нежелателен. Ока-

зывается, если на определенном расстоянии от вибратора поместить отрезок провода длиной около $^1/_2$ волны, то величина одного из боковых лепестков уменьшится. Это объясняется тем, что наведенные электромагнитным полем э. д. с. вызывают в пассивном вибраторе токи, которые, переизлучаясь, дают усиление поля вблизи главного активного вибратора. Из рис. 5-13 видно, что один из боковых лепестков сильно уменьшился.

Пассивные вибраторы можно размещать не только позади антенны, но и впереди. Первые называются рефлекторами, вторые — директорами. Обычно рефлектор несколько длиннее основного виб-

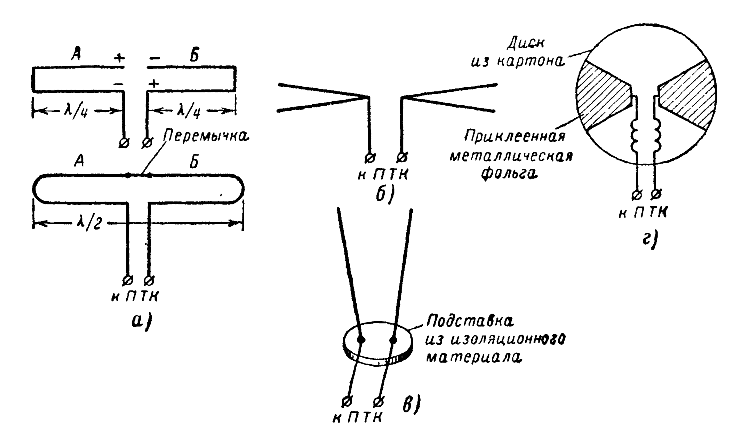


Рис. 5-14. Образование петлевого вибратора и некоторые типы антенн.

ратора и располагается на расстоянии от него примерно в $^1/_4$ длины волны. Директор делается немного короче активного вибратора и помещается примерно на тех же расстояниях. Часто используют ряд директоров, расстояния между которыми также примерно равны $^1/_4$ длины волны. Вследствие взаимного влияния директоров и рефлекторов, которых может быть несколько, расстояния и длины этих элементов подбирают практически.

Петлевой вибратор. На рис. 5-14, *а* показаны два четвертьволновых отрезка линии *А* и *Б*, каждый из которых замкнут на одном конце. При помещении таких отрезков в поле радиоволн в них наведутся э. д. с. Так как эти отрезки линий занимают противоположные положения относительно электрического поля, то потенциалы на концах также будут противоположны. Если соединить между собой верхние концы линий, а к нижним подключить нагрузку, то выходное напряжение такой антенны увеличится вдвое по сравнению с напряжением на одном из четвертьволновых отрезков. Такая антенна, называемая петлевым вибратором, применяется наряду с полуволновыми.

Выходное сопротивление антенны. Мощность радиосигнала, поступающего из антенны к телевизору, зависит от величины нагруз-

ки антенны. Эта мощность максимальна, если антенна нагружена на сопротивление, равное выходному сопротивлению антенны (при этом отсутствует стоячая волна и вся энергия поступает к приемнику).

Одиночный симметричный полуволновый вибратор имеет выходное сопротивление порядка 75 *ом*, а петлевой вибратор — около 300 *ом*. Таким образом, выходное сопротивление петлевой антенны в 4 раза больше, чем у простого вибратора. Но одновременно и выходное напряжение в 2 раза больше. Следовательно, максимальная мощность в обоих случаях одинакова.

Петлевую антенну удобнее применять, если применяется симметричный открытый кабель с волновым сопротивлением 300 *ом*.

Следует отметить, что если вибраторы применяются совместно с пассивными элементами, то выходное сопротивление антенны уменьшается. С этой точки зрения петлевой вибратор имеет некоторое преимущество, так как у него большое собственное входное сопротивление, которое под влиянием пассивных элементов снижается до 100—75 *ом*, т. е. до величин, равных нормальным волновым сопротивлениям применяемых кабелей.

Различные виды полуволновых вибраторов. Помимо двух основных типов полуволновых вибраторов, рассмотренных выше, на практике применяется большое число других вариантов. На рис. 5-14, *б*, *в*, *г* показаны некоторые из них.

Простейший вибратор (рис. 5-14, *б*) изготавливается из тонких проводов, укрепляемых на изоляторах. Комнатная антенна (рис. 5-14, *в*) имеет вибраторы, длина и взаимное положение которых могут изменяться. Иногда приемная антенна размещается непосредственно в футляре телевизора, под его верхней крышкой. Такая антенна представляет собой картонный диск, на который наклеена полоска фольги (рис. 5-14, *г*). Вращая диск можно изменять ориентацию антенны для получения наилучшего приема.

Основные требования к приемным телевизионным антеннам. Основными характеристиками приемных телевизионных антенн следует считать величину выходного сопротивления, ее зависимость от частоты принимаемого сигнала, коэффициент усиления и его зависимость от частоты, а также форму диаграммы направленности и уровень боковых лепестков.

Выходное сопротивление приемной антенны не должно зависеть от частоты принимаемых колебаний, в противном случае для различных составляющих спектра сигнала будет разная отдача энергии в нагрузку. Говорят, что телевизионная антенна должна быть достаточно широкополосной по выходному сопротивлению. Дело значительно осложняется при приеме на одну антенну сигналов нескольких телевизионных каналов. Практически целесообразнее для каждого канала иметь отдельную антенну, которые иногда конструктивно объединяются в многопрограммные антенны. Коэффициент усиления антенны, показывающий, во сколько раз выходной сигнал данной антенны больше, чем у ненаправленной, также должен быть как можно больше. При этом коэффициент усиления не должен значительно изменяться для различных составляющих сигнала, иначе различные гармоники сигнала будут усилены по-разному. Обычный полуволновый вибратор имеет достаточную для практики полосу пропускания. Для ее дальнейшего расширения следует увеличить толщину проводов, из которых изготавливают вибраторы.

Диаграмма направленности с одной стороны должна быть как можно более узкой, чтобы уменьшить уровень мешающих сигналов, проникающих с других сторон. Однако, если на одну и ту же антенну принимают сигналы нескольких передатчиков, которые могут быть расположены в разных направлениях, не следует сильно сужать ширину основного лепестка. Большое значение имеет уменьшение уровней боковых и заднего лепестков, по которым также проникают помехи.

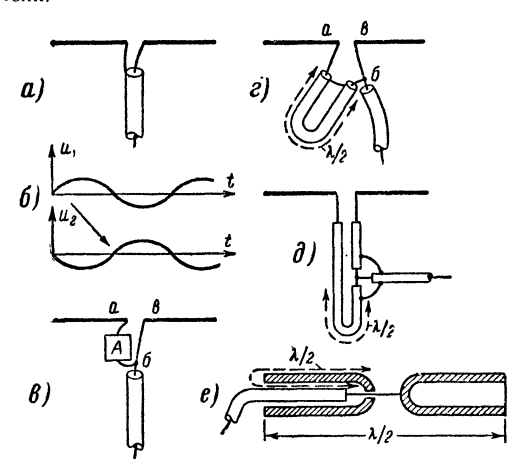


Рис. 5-15. Симметрирование и согласование антенн с кабелем.

Особое значение имеет форма диаграммы направленности для телевизоров, предназначенных для дальнего и сверхдальнего приема. Здесь обычно применяют сложные многоэлементные антенны с большим коэффициентом усиления и острой направленностью. Следует отметить, что при сужении диаграммы направленности и повышении усиления антенны полоса пропускания ее, как правило, падает. Усиление и выходное сопротивление антенны остаются постоянными лишь в более узкой полосе частот.

Согласование и симметрирование антенны. Высокочастотная энергия отводится от антенны к телевизору при помощи высокочастотных кабелей — фидеров. Для этой цели применяются экранированные коаксиальные и открытые симметричные кабели. Первые имеют волновое сопротивление около 75 *ом*, вторые — 300 *ом*. Так как вибратор имеет симметричную конструкцию, то подключать кабель нужно также с сохранением симметрии. В отношении петлевого вибратора это выполняется легко. Что касается симметричного простого вибратора, то его можно подключить к любому из указанных двух кабелей через согласующее и симметрирующее устройство.

Рассмотрим принцип построения симметрирующих устройств. Если подключить кабель к вибратору так, как показано на рис. 5-15, *а*, то левый вибратор будет находиться в условиях, отлич-

ных от условий для правого вибратора. Емкости, которые всегда имеются между кабелем и близлежащими предметами, будут вызывать утечку высокочастотных токов, что приведет к уменьшению принимаемого сигнала. Кроме того, несимметрия антенны способствует приему помех в направлениях, отличных от направления главного лепестка диаграммы направленности.

Для симметрирования питания антенны следует и правую и левую половины вибратора подключить к внутреннему проводу кабеля, как это показано на рис. 5-15, *д*. Для этого между левым вибратором и кабелем надо включить какое-либо симметрирующее устройство *А* (рис. 5-15, *в*). Однако это устройство, подключенное к точке *а*, должно в точке *б* обеспечивать такую же полярность напряжения, как и в точке *в*, иначе напряжения от обеих половин вибратора не сложатся, а вычтутся.

Во всех схемах симметрирования изменить полярность синусоидального напряжения можно путем сдвига его по фазе или, что то же самое, во времени. Если сдвинуть напряжение u_1 на половину периода, то получим напряжение u_2, которое по амплитуде совпадает с исходным напряжением u_1, но противоположно ему по полярности. Задержать сигнал на половину периода можно с помощью отрезка линии длиной как раз в полволны. Отрезком такого кабеля соединим точку *а* с точкой *б* (рис. 5-15, *г*). Таким образом, в собирающую точку *б* придут два сигнала — от точки *а* и от точки *в*, причем первый сигнал будет изменен по полярности. Но ведь в точках *а* и *в* эти сигналы были разнополярны, поэтому в точке *б* они окажутся однополярны и сложатся, увеличив выходной сигнал. Такая же, но несколько видоизмененная схема симметрирования показана на рис. 5-15, *д*. На согласование антенны с нагрузкой схема симметрирования влияния не оказывает.

На рис. 5-15, *е* показана еще одна возможная схема симметрирования, конструктивно более простая. В ней изменение полярности напряжения происходит при распространении колебаний от левого вибратора к оплетке кабеля по пути, показанному штриховой линией.

Согласование и симметрирование антенного кабеля с входными цепями УВЧ. Один из способов подключения несимметричного кабеля к симметричному входу телевизора был рассмотрен в главе пятой. Рассмотрим некоторые другие способы. На практике могут встретиться ряд вариантов подключения кабеля ко входу телевизора, схематически показанных на рис. 5-16, *а*.

В первом и втором вариантах особых трудностей не возникает, так как здесь несимметричный кабель подключается к несимметричному входу *1* или симметричный кабель — к симметричному входу *2*. Необходимо лишь согласовать сопротивления, что выполняется подбором витков в первичной катушке входного контура УВЧ.

В третьем и четвертом случаях дело обстоит сложнее. Способ, рассмотренный в главе четвертой (рис. 4-4), имеет тот недостаток, что катушки переходного устройства резонируют на некоторых частотах, поэтому широкополосность симметрирующего согласующего устройства для всех телевизионных каналов не достигается. На рис. 5-16, *б* показана схема устройства, не имеющего этого недостатка. Индуктивности, показанные на этой схеме, не образуют трансформаторов, как может показаться на первый взгляд. Это — условно показанные провода длинной линии. Рассмотрим схему этого уст-

ройства (рис. 5-16, *в*). Провода L_1 и L_2 образуют одну длинную линию, а провода L_3 и L_4 — другую. Расстояние между проводами и их диаметр выбирают такими, чтобы волновое сопротивление каждой линии было равно 150 *ом*. Со стороны антенного входа обе линии включены последовательно, поэтому входное сопротивление устройства между точками *аа'* равно 300 *ом*, что обеспечивает согласование с антенным кабелем и симметричное его включение. На выходном конце обе линии соединяются параллельно, вследствие

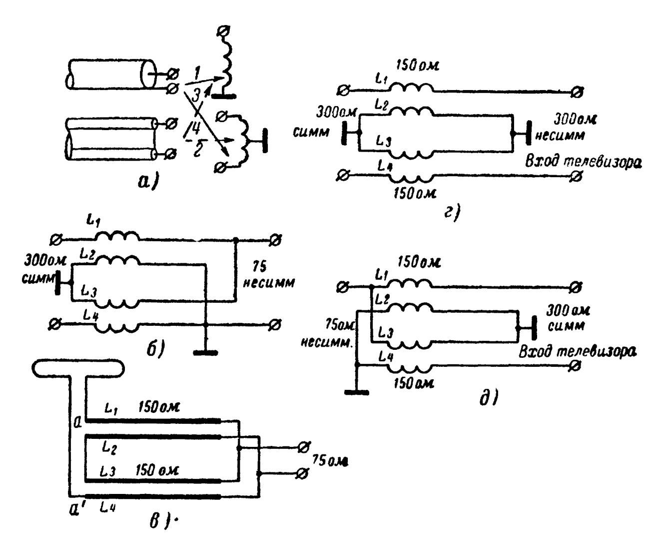


Рис. 5-16. Симметрирующе-согласующее устройство.

чего выходное сопротивление устройства оказывается равным 75 *ом*.

На рис. 5-16, *г* показано, как необходимо включить рассмотренное устройство для согласования симметричного 300-омного кабеля с несимметричным 300-омным входом телевизора. На рис. 5-16, *д* то же устройство приспособлено для перехода от несимметричного кабеля с волновым сопротивлением 75 *ом* к симметричному 300-омному входу телевизора.

Многоэлементные и многопрограммные антенны. Для повышения пространственной избирательности антенн и увеличения коэффициента усиления применяют многоэлементные антенны, состоящие из активного и ряда пассивных вибраторов (рефлекторов, директоров). Широко распространена трехэлементная антенна, состоящая из одного петлевого вибратора, директора и рефлектора (рис. 5-17, *а*). Для приема передач на значительных удалениях от передатчиков применяют более сложные пятиэлементные, двухэтажные и другие антенны (рис. 5-17, *б* и *в*).

Если в данной местности ведется многопрограммное телевизионное вещание, то возникает необходимость в многопрограммных

антеннах. Конечно, если телевизор расположен недалеко от телецентров, то несколько программ можно принимать и на одну простую антенну, так как напряженность поля оказывается достаточно большой.

Довольно широко распространено применение двух раздельных антенн для каждой из двух принимаемых программ (рис. 5-17, *д*). Каждая из антенн настроена на частоту одного канала. От каждой

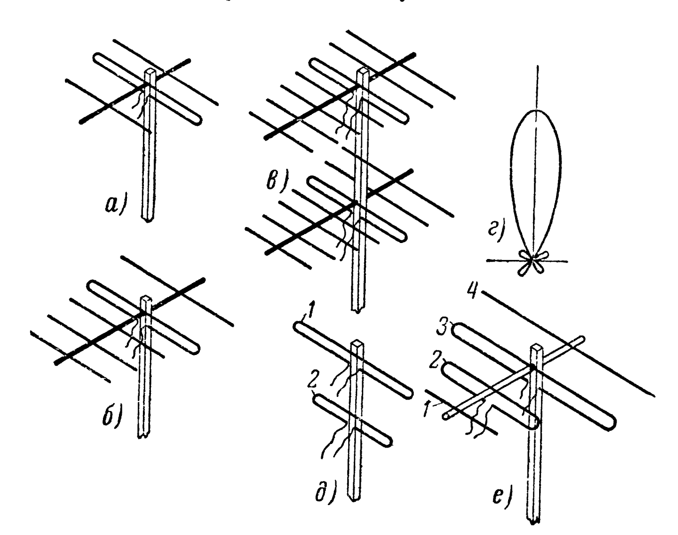


Рис. 5-17. Некоторые виды многоэлементных антенн.

антенны сигнал отводится своим кабелем и при переходе с одной программы на другую переключают также и кабель в телевизоре.

Более удобно использование двухпрограммных антенн, имеющих один выходной кабель для обоих каналов. На рис. 5-17, *е* показана схема одной из антенн такого типа. Она состоит из двух активных петлевых вибраторов *2* и *3*, каждый из которых настроен на частоту одного канала. Элементы *1* и *4* пассивные и служат соответственно рефлектором и директором.

Одновременно такую «пассивную» роль выполняют и активные элементы. Действительно, для вибратора *2* все остальные три элемента (*1*, *3* и *4*) — пассивные. Точно так же и для вибратора *3* элементы *1*, *2* и *4* также служат директорами и рефлекторами. Тщательный подбор размеров элементов антенны позволяет получить очень хорошие результаты.

Глава шестая

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И НЕИСПРАВНОСТЕЙ ТЕЛЕВИЗОРОВ

6-1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ, СИНХРОНИЗАЦИИ И ЗВУКА

Каждый телевизор на заводе тщательно настраивают и проверяют. И только убедившись, что все параметры телевизора удовлетворяют техническим требованиям, ему дают «путевку в жизнь».

Но нередки случаи, когда телезрителя не удовлетворяет работа телевизора. Это может произойти по нескольким причинам:

1) разные экземпляры телевизоров дают различные по качеству изображение и звук;

2) нормальную работу телевизора могут нарушать различные помехи;

3) телевизор может неправильно эксплуатироваться (плохо установлена антенна, напряжение сети ниже или выше нормы и т. п.);

4) в лампах, полупроводниках и деталях телевизора могут появиться какие-либо неисправности.

В следующей главе будут рассмотрены различного рода помехи, которые нарушают нормальную работу телевизора. В этой же главе будут рассмотрены остальные вопросы.

Звуковое сопровождение телевизионной программы характеризуется такими же параметрами, что и звуковой сигнал обычного радиоприемника или громкоговорителя радиотрансляционной сети, т. е. громкостью, тембром, отсутствием искажений и мешающих звуков. Серьезная помеха для звукового сопровождения телевидения — фон кадровой частоты, который в большей или меньшей степени присутствует всегда. Проверить силу этого фона можно во время звуковой паузы при телевизионной передаче. Если от телевизора отключить антенну, то этот кадровый фон должен исчезнуть. Но иногда при отключении антенны в громкоговорителе все же слышен низкочастотный фон. Это происходит, если неисправен фильтр анодного напряжения.

Значительно бóльшим количеством параметров (чем звуковое сопровождение) характеризуется изображение. Для быстрой оценки качества изображения и синхронизации телевизионные центры периодически передают изображение специальной испытательной таблицы. Все советские телецентры в настоящее время применяют таблицу, разработанную в 1949 г. и называемую таблицей 0249. Фотография этой таблицы показана на рис. 6-1.

Таблица представляет собой прямоугольник с соотношением сторон 3 : 4, разбитый на 48 квадратов. Для удобства на верхней и нижней кромках таблицы нанесены цифры, на левой и правой кромках — буквы. Цифры 1 и 8, а также буквы А и Е в угловых квадратах не ставятся, так как вследствие закругления экранов кинескопов их все равно не было бы видно.

С помощью этих цифр и букв можно указать любой квадрат, находящийся на пересечении соответствующих горизонтальных и

вертикальных линий. Например, в квадрате Б2 имеется изображение нескольких небольших концентрических окружностей.

Края таблицы обведены толстой черной линией. Для того, чтобы можно было найти края таблицы, в квадратах А2, А7, Б1 и других имеются белые треугольники, своими остриями указывающие на обрамляющую линию таблицы.

Половина всех квадратов таблицы (24), расположенных по верхней и боковым кромкам, имеет серый фон. Остальные квадраты бе-

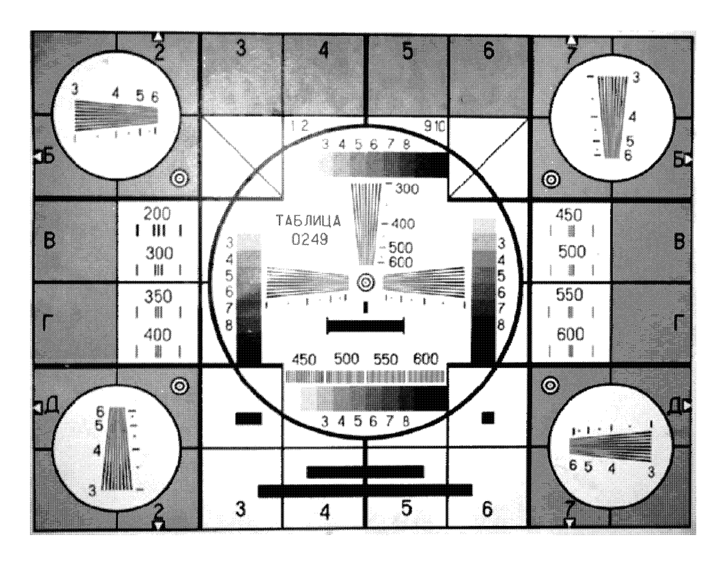


Рис. 6-1. Телевизионная испытательная таблица 0249.

лого цвета. При установке яркости и контрастности изображения следует добиваться того, чтобы квадраты, расположенные на периферии, действительно выглядели серыми, а не черными. Для более точной установки яркости и контрастности изображения на таблице имеются специальные градационные указатели — четыре полоски, расположенные в большом центральном круге (в квадратах В3, Г3, В6, Г6, Б4, Б5 и Д4, Д5). Эти градационные полоски состоят из небольших прямоугольников различной степени яркости, от совершенно белых до совершенно черных. Цифры, помещенные рядом с полосками, позволяют сосчитать количество различимых тонов. При хорошем изображении таблицы можно различить 6—8 градаций яркости. Желательно так установить регуляторы контрастности и яркости телевизора, чтобы в отдельности различалось не менее 6—8 градационных полосок.

Если контрастность изображения очень велика, то количество более темных различимых полосок градационной шкалы уменьшается и, наоборот, при малой контрастности плохо различаются между собой более светлые полоски. Чем больше градаций яркости имеется в изображении, тем оно лучше по качеству.

Четыре круга в углах таблицы и один большой центральный круг позволяют правильно установить размеры изображения и проверить правильность его формы. Если формат изображения не соответствует отношению сторон 3 : 4, то круги превращаются в эллипсы, вытянутые по горизонтали или по вертикали. По центральному кругу можно довольно точно установить формат изображения с помощью регулировок размера изображения. В некоторых телевизорах отсутствует регулятор размера строк, поэтому вращением регулятора размера кадров следует добиться того, чтобы центральный круг был действительно кругом, а не эллипсом. При этом может оказаться, что круги в углах таблицы исказятся, причем разные круги по-разному. В известной степени это допустимо даже и в хорошем телевизоре. Так как основное внимание зрителя во время телевизионной передачи сосредотачивается на центральной части экрана, то важно добиться правильного соотношения сторон изображения прежде всего для центральной части экрана. Следует отметить, что когда идет телевизионная передача, то довольно трудно правильно установить формат изображения. Для того чтобы количественно оценить соотношение сторон изображения, следует линейкой измерить размеры квадратов испытательной таблицы.

С помощью кругов на испытательной таблице можно также проверить линейность разверток по горизонтали и вертикали. При нелинейных развертках круг приобретает грушевидную форму, а некоторые квадраты таблицы оказываются растянутыми в одну сторону. Наблюдения за кругом позволяют правильно установить регуляторы линейности разверток, если они имеются в телевизоре.

Помимо линейности, развертки характеризуются еще и длительностью обратных ходов луча. Если длительность обратных ходов разверток больше нормальной величины, то часть изображения будет развертываться во время обратного хода. Это вызовет потери изображения в левой и верхней частях растра. На испытательной таблице это выразится в том, что белые треугольники не будут видны. Иногда регулировкой частоты строк и квадратов удается выправить длительность обратных ходов и «вытянуть» изображение (добиться появления на экране левого и верхнего краев).

Важнейший параметр изображения — четкость. На таблице 0249 имеется много деталей, позволяющих количественно оценивать четкость в различных местах экрана и по разным направлениям. Четкость изображения зависит от многих причин и в первую очередь от ширины полосы пропускания канала изображения, формы частотной и фазовой характеристик, а также от качества фокусировки изображения. Таким образом, четкость изображения можно регулировать путем подстройки частоты гетеродина, регулятором формы частотной характеристики УПЧ канала изображения и регулятором фокусировки. Четкость изображения проверяется по степени различимости близко расположенных вертикальных или горизонтальных линий, имеющихся в центре таблицы, в боковых кругах и в некоторых квадратах. Чем меньше толщина раздельно различимых линий (штрихов), тем больше четкость изображения. В квадратах В2, Г2, В7, Г7 размещены вертикальные черточки, сгруппированные по три штуки. Над этими черточками помещены числа 200, 300 и т. д. до 600. Эти числа указывают, сколько таких черточек уместилось бы на всем горизонтальном размере изображения. Чем меньше расстояние между отдельными черточками, тем больше их разместится. По числу

отдельно различимых черточек можно судить о четкости изображения. Например, если еще различаются 500 линий, т. е. в квадрате В7 видны раздельно 3 линии под числом 500, а в квадрате Г7 под числом 550 они уже не различимы в отдельности, то четкость изображения составляет 500 линий. Небольшие черточки, помещенные в этих же квадратах справа и слева от тройных линий, предназначены для оценки качества согласования антенного кабеля и некоторых других параметров телевизора.

Для оценки четкости изображения, помимо указанных тройных линий, на испытательной таблице имеются еще и другие группы линий. В нижней части центрального круга над градационной шкалой помещен ряд вертикальных линий, помеченных числами 450, 500, 550 и 600. По числу различимых линий этого ряда можно судить о четкости изображения в этой части экрана.

Помимо параллельных линий, на таблице имеются еще клинья — группы линий с переменной толщиной и переменным расстоянием между линиями. Над центром экрана помещена сходящаяся клином группа из 9 вертикальных линий. С правой стороны от этого клина размещены числа, указывающие, сколько элементов соответствующей ширины разместится на строке. Этот клин позволяет настраивать телевизор по четкости, следя за тем, чтобы различались как можно более низко расположенные элементы клина. В нормальном телевизоре при хорошей антенне и согласованном кабеле четкость изображения составляет 450—500 линий.

Обычно четкость по горизонтали, измеряемая числом различимых вертикальных линий, неодинакова на различных участках экрана — по краям изображения четкость падает. Для проверки четкости по краям в левом нижнем и правом верхнем кругах таблицы помещены вертикальные клинья, такие же как и в центральном круге. Четкость по горизонтали в углах таблицы должна быть не ниже 400 линий. Четкость по вертикали характеризуется числом отдельно различимых горизонтально расположенных линий. Она определяется прежде всего качеством чересстрочного разложения (зависит от точности размещения строк четного полукадра посередине между строками нечетного). Известное влияние оказывает на вертикальную четкость качество фокусировки изображения.

Если подсчитать число видимых на экране строк изображения при правильной чересстрочной развертке, то их окажется всего 575, так как часть строк проходит во время обратного хода кадровой развертки и тратиться на защитные полоски, расположенные над верхней и под нижней кромками изображения. Горизонтальные клинья линий, размещенные справа и слева от центра таблицы, предназначены для оценки четкости изображения по вертикали. Под горизонтальными клиньями имеются вертикальные черточки-отметки, которые соответствуют тем же числам, что и помещенные справа от вертикального клина. Практически по горизонтальному клину различается 500—550 линий, поскольку добиться точного симметричного чересстрочного разложения достаточно трудно. Некоторого улучшения четкости по вертикали можно добиться с помощью регулятора частоты кадров. Если при плохом чересстрочном разложении произойдет «слипание» строк соседних полукадров, то четкость изображения по вертикали составит всего 300 линий.

В левом верхнем и правом нижнем кругах также помещены горизонтальные клинья для оценки четкости изображения по вертика-

ли на углах растра. Обычно из-за ухудшения качества фокусировки на краях экрана четкость в этих местах растра составляет 400—450 линий.

Качество чересстрочного разложения можно также оценивать с помощью наклонных линий, помещенных в квадратах Б3 и Б6. При плохой чересстрочной развертке эти линии становятся зазубренными.

Четкость изображения можно также оценивать по небольшим концентрическим окружностям, размещенным в квадратах Б2, Д2, Б7, Д7, а также в центре таблицы. В центре этих кругов должна быть видна точка.

На испытательной таблице имеется шесть горизонтальных широких линий разной длины, с помощью которых можно оценивать амплитудный уровень сигнала промежуточной частоты изображения, согласование антенны с кабелем и кабеля со входом телевизора, линейность фазовой характеристики и пр. Линии эти расположены в середине центрального круга и в квадратах Д3, Д6, Е3, Е4, Е5 и Е6. При нормальном изображении справа и слева от этих черных линий должно быть чистое белое поле.

Если правая и левая кромки нечетки, то это указывает на узкую полосу пропускания канала изображения (это обстоятельство хорошо обнаруживается и при проверке четкости). Это же явление будет наблюдаться, если амплитудный уровень промежуточной частоты канала изображения размещается очень высоко на амплитудно-частотной характеристике УПЧ. Если наоборот, этот уровень слишком низок (ниже 0,2—0,1), то слева и справа от горизонтальных широких линий видны белые очертания, причем справа наблюдается также повторение этих белых линий через небольшие расстояния.

Такое же явление наблюдается, если частотная характеристика УПЧ со стороны промежуточной частоты звукового канала имеет слишком резкий спад.

Если канал изображения имеет нелинейную фазовую характеристику, причем эта нелинейность проявляется в области промежуточной частоты канала изображения, то слева от указанных линий наблюдается светлая окантовка, а правый край линии окажется смазанным.

Плохое согласование антенны с кабелем, а также кабеля с входным сопротивлением радиоканала выражается в том, что справа от вертикальных линий таблицы будет наблюдаться повторение изображения этих линий с постепенным затуханием.

С помощью испытательной таблицы можно определить искажения, возникающие из-за приема отраженных сигналов. Эти искажения проявляются в виде повторных изображений. По временному расстоянию между основным и посторонним изображениями можно определить расстояние до сооружения, от которого произошло отражение телевизионного сигнала. Эти искажения хорошо наблюдаются с помощью вертикальных черточек, находящихся справа и слева в квадратах В2, Г2, В7 и Г7.

6-2. КАК НАЙТИ НЕИСПРАВНОСТЬ В ТЕЛЕВИЗОРЕ

Если телевизор работает неудовлетворительно, то это еще вовсе не означает, что в нем имеется неисправность, так как плохое качество изображения или звука может быть вызвано различного рода

помехами. Поэтому прежде, чем приступить к отысканию неисправностей внутри телевизора, необходимо установить, чем вызвано ухудшение работы телевизора.

Для этого имеется много различных способов, которые мы рассмотрим несколько ниже.

Если окажется, что и уровень помех не превосходит нормы, опять-таки не следует сразу вскрывать телевизор и искать неисправности его деталей и узлов. Нужно сначала внимательно посмотреть, к каким изменениям в работе телевизора приводит вращение ручек управления телевизором, выведенных на поверхность, или так сказать «опросить» схему телевизора, проверить, как она реагирует на те или иные изменения условий работы. Кроме того, имеется возможность снять с телевизора сигнал путем отключения антенны или замыкания накоротко входа телевизора, что иногда немаловажно для установления причины нарушения его нормальной работы.

Специалист так именно и поступает при ремонте телевизора. Что же касается подавляющего большинства телезрителей, то они, обращаясь к специалисту за советом по поводу плохо работающего телевизора, обычно не могут ответить подчас на простой вопрос: «А что видно на экране кинескопа, если отключить антенну?» или «Как изменяется размер изображения, если покрутить ручку регулировки яркости?».

А ведь ответ на такие простые вопросы может сразу указать на причину неисправности. Если, например, при попытке увеличить яркость изображения размер его увеличивается и при этом не происходит желаемого увеличения яркости, то почти достоверно можно сказать, что высоковольтный кенотрон строчной развертки потерял эмиссию и его следует заменить новым.

Этапы обнаружения и устранения неисправностей. Если неисправность такова, что не требуется телевизор немедленно отключить от сети (как, например, в случаях короткого замыкания или подгорания деталей), то можно рекомендовать следующий порядок отыскания неисправностей:

а) Прежде всего необходимо проверить условия эксплуатации телевизора, которые предусматривают нормальное (указанное в инструкции к телевизору) напряжение питающей сети, осторожное обращение с телевизором при его перемещениях и при перевозках.

Большое число неисправностей в телевизоре случается из-за ненормального напряжения сети. Следует отметить, что для телевизора нежелательно как увеличение напряжения сети, так и его уменьшение относительно номинального. При повышенном питающем напряжении происходит перегрев ламп и деталей, что может привести к их порче. Кроме того, повышается высокое напряжение кинескопа, и могут произойти пробои в строчном трансформаторе и других деталях. При понижении напряжения сети лампы скорее, чем обычно, теряют эмиссию и выходят из строя. При пониженном напряжении питания напряжения на электродах ламп будут так же понижены, в результате чего яркость и контрастность изображения понижаются, уменьшаются размеры растра и громкость звука и т. п.

Повышенная температура воздуха приводит к перегреву деталей, а ведь для некоторых из них, например сопротивлений, допустимая мощность рассеяния падает с ростом температуры окружающего

воздуха. Увеличенная влажность вызывает утечки высокого напряжения с анода кинескопа, а также разряды импульсного напряжения с обмоток строчного трансформатора.

Несоблюдение этих условий нередко бывает причиной преждевременного появления неисправностей в телевизоре.

Убедившись, что условия эксплуатации телевизора вполне приемлемы, переходят к следующему этапу проверки.

б) Теперь можно задать себе вопрос: «А не может ли быть причиной неудовлетворительной работы телевизора просто ограниченные возможности данного аппарата?» Телевизор не может, например, обеспечить высокую яркость изображения, если его экран освещается ярким солнечным светом. В инструкциях по эксплуатации телевизора обычно указываются его основные параметры. Ограничена громкость звучания громкоговорителя, ограничены четкость, контрастность и линейности изображения и т. п. Наконец, ограничена его помехоустойчивость. Поэтому нельзя требовать от телевизора больше, чем позволяют его паспортные данные.

Если же качество изображения или звука оказывается действительно ниже технически возможного при любых положениях органов регулировки, то нужно переходить к следующему этапу исследования.

в) Теперь следует задать вопрос: «Не ухудшилась ли работа телевизора из-за какой-либо помехи?» Ведь его помехоустойчивость имеет определенные пределы. Здесь следует прежде всего установить, какая это помеха (если она имеется) — внешняя или внутренняя. Большинство внешних помех проникает в телевизор вместе с полезным сигналом через антенну. Отключив антенну от входа телевизора, можно во многих случаях установить тип помехи. Если, например, при отключении антенны на экране кинескопа видны светлые горизонтальные черточки, то наиболее вероятная причина этого — утечка высокого напряжения.

При отключенной антенне могут наблюдаться вертикальные темные полосы, расположенные в основном в левой части экрана — это либо колебательные процессы в строчном трансформаторе, либо появления колебаний в выходном мощном каскаде строчной развертки.

Если же после отключения антенны вместе с изображением пропадает и помеха, то вероятно, что помеха именно внешняя.

Некоторые внутренние помехи, например гармоники промежуточной частоты, возникающие в нагрузке детектора, могут проявиться лишь при наличии сигнала.

Вращая некоторые органы управления телевизора, можно в известных пределах изменить параметры схемы и установить тип помехи. Например, если помеха от гармоники промежуточной частоты, то достаточно повернуть ручку настройки гетеродина, чтобы это установить.

От перестройки частоты гетеродина изменится величина промежуточной частоты, а следовательно, и частота мешающей гармоники.

Биения между полезным и мешающим сигналами проявляются на экране в виде горизонтальных полос, и при перестройке частоты гетеродина количество этих полос будет меняться.

При внешних помехах в зависимости от конкретного вида помехи, времени ее возникновения, прерывистости оказывается возможным установить источник помехи. Если установлено, что неполадка

в работе телевизора вызвана не внешней помехой (и не внутренней), а какой-то неисправностью в телевизоре, тогда можно приступить к следующему этапу отыскания неисправности.

г) Любая неисправность как-то проявляется либо в виде ухудшения изображения, либо в виде ухудшения звука. Совершенно невозможно дать универсальный рецепт отыскания неисправности по ее проявлениям. Это требует хорошего знания схемы телевизора, его конструкции и особенностей телевизионной техники вообще. Тем не менее можно все-таки рекомендовать некоторый общий подход.

Прежде всего, наблюдая неисправность, следует определить, к какому из функциональных узлов относится эта неисправность. Это не всегда просто сделать, и тут может помочь манипуляция органами управления телевизора. Предположим, кинескоп не светится при любых положениях ручек управления, звуковое сопровождение нормально. Следует прежде всего покрутить ручку частоты строк, и если будет слышен высокий звук, то это означает, что строчный трансформатор в исправности, а по-видимому вышел из строя высоковольтный кенотрон.

Следует подчеркнуть, что основная масса неисправностей в телевизорах вызывается радиолампами.

Второе место занимают так называемые «контакты» — это либо нежелательные замыкания между токонесущими элементами монтажа, либо, наоборот, нарушения в соединениях. Между прочим, проблема «контактов» существует также и для радиоламп. Поэтому иногда трудно точно установить, что неисправность вызвана плохой лампой. Но проверить это сравнительно просто: надо сменить ту лампу или те несколько ламп, на которые падает подозрение.

д) Прежде, чем приступить к отысканию и устранению неисправностей внутри телевизора, в том числе и к смене ламп, необходимо отключить телевизор от электросети и устранить электрические напряжения внутри телевизора: нужно подождать, пока не разрядятся высоковольтные конденсаторы, либо разрядить их металлической отверткой с электроизоляционной ручкой.

Следует помнить, что в телевизоре имеются цепи с очень высокими напряжениями, поэтому требуется чрезвычайная осторожность при вскрытии телевизора.

В инструкции по эксплуатации телевизора, как правило, указываются те меры предосторожности, которые следует соблюдать при смене ламп.

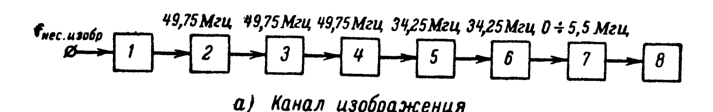
е) Если замена ламп не приводит к устранению неисправности, то возникает необходимость в более детальном изучении монтажа телевизора и его узлов. Для исследования монтажа требуется опыт в работе с радиотехнической аппаратурой. Телезрителям, желающим научиться самостоятельно ремонтировать свой телевизор, можно рекомендовать книгу Виноградова Л. Н., «Учитесь ремонтировать свой телевизор», изд. «Связь», Москва, 1964.

Глава седьмая

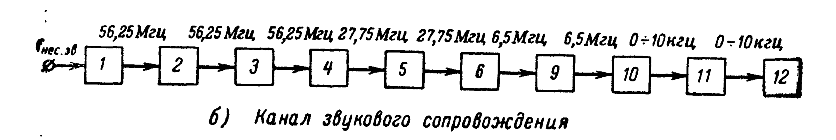
ПОМЕХИ ТЕЛЕВИЗИОННОМУ ПРИЕМУ И МЕРЫ БОРЬБЫ С НИМИ

7-1. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОМЕХ

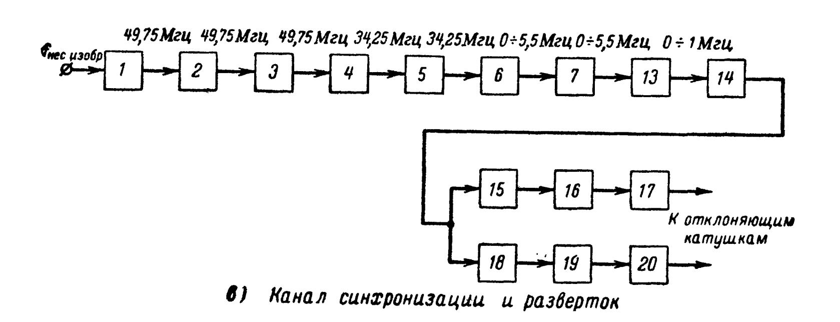
Нередко прием телевидения сопровождается различного рода помехами, вызывающими искажения изображения, нарушение синхронизации, снижение качества звука и т п. Различные виды электрического транспорта, а также промышленных установок создают серьезную опасность для высококачественного приема телевидения.



а) Канал изображения



б) Канал звукового сопровождения



в) Канал синхронизации и разверток

Рис. 7-1. Функциональные схемы каналов изображения, синхронизации и звукового сопровождения.

1 — антенна; *2* — кабель; *3* — УВЧ; *4* — смеситель; *5* — УПЧ; *6* — преобразователь; детектор; *7* — видеоусилитель; *8* — кинескоп; *9* — усилитель; *10* — дискриминатор или детектор отношений; *11* — УНЧ; *12* — громкоговоритель; *13* — амплитудный селектор; *14* — усилитель; *15* — селектор строчных импульсов; *16* — формирователь строчного пилообразного напряжения; *17*—преобразователь пилообразного напряжения в ток; *18* — селектор кадровых импульсов; *19*—формирователь кадрового пилообразного напряжения; *20* — преобразователь пилообразного напряжения в ток.

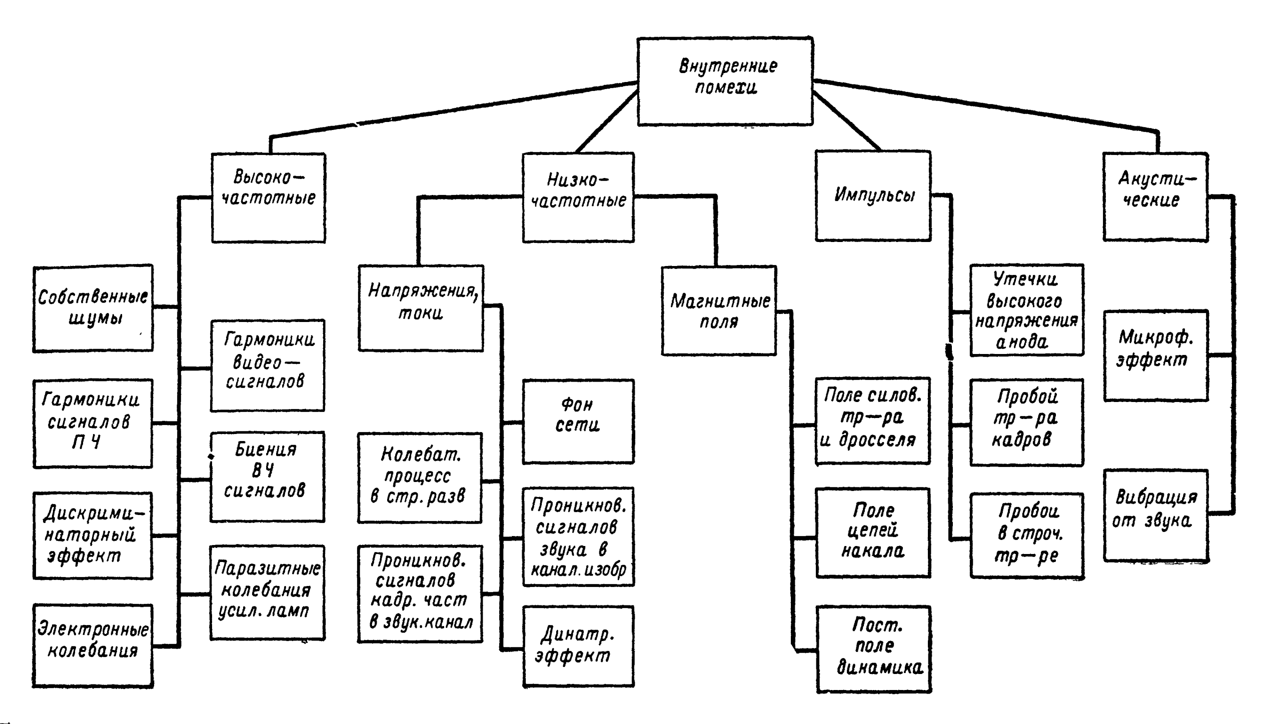


Рис. 7-2. Классификация внутренних помех, возникающих в телевизоре.

Действующие радиостанции, городской транспорт, бытовые приборы еще долго будут причиной ухудшения качества изображения и звука. Поэтому необходимо непрерывно совершенствовать приемную телевизионную технику в отношении помехоустойчивости. В этой главе будут рассмотрены различные помехи телевизионному приему и меры борьбы с ними в самом телевизоре.

В схеме телевизора можно выделить канал изображения, канал синхронизации, канал звука.

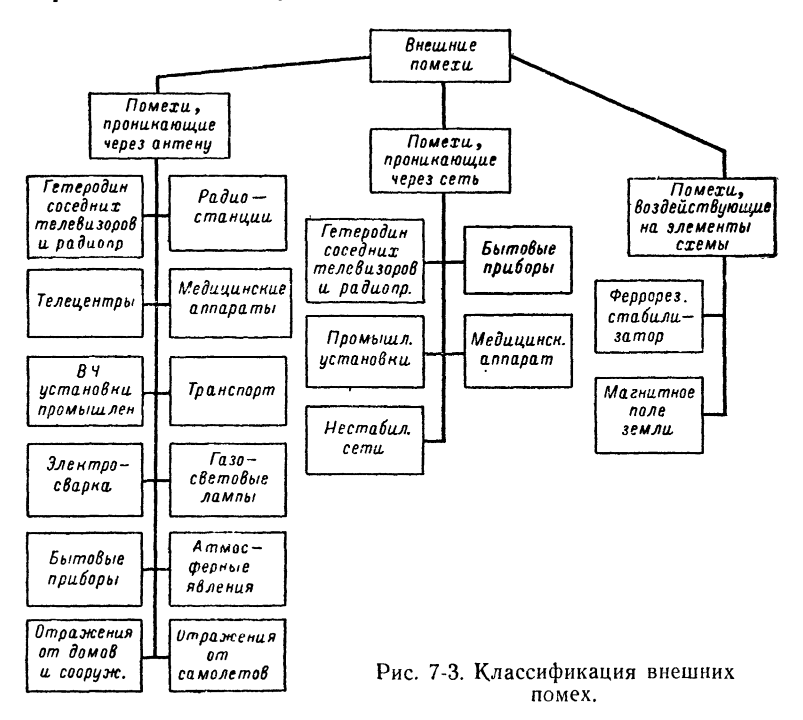


Рис. 7-3. Классификация внешних помех.

Помехи могут нарушить нормальную работу любого из этих каналов, любой пары каналов и, наконец, всех трех каналов. Чтобы всесторонне изучить влияние помех на эти каналы, надо определить, какого рода сигналы могут нарушать их нормальную работу.

Совершенно очевидно, что мешать работе данного канала могут только те сигналы, которые тем или иным образом могут проникнуть в данный канал, пройти через него и вызвать на выходе канала нежелательный эффект.

Каждый из трех основных каналов телевизора состоит из усилителей и преобразователей (рис. 7-1). На рисунке показаны также средние частоты сигналов, проходящих по элементам каналов. На любой из указанных на рисунке частот могут быть помехи. Кроме того, большое число различных преобразователей также может способст-

вовать возникновению помех в каналах телевизора, так как в этих преобразователях могут появляться мешающие сигналы (комбинационные частоты).

Классификация различных помех приведена на рис. 7-2 и 7-3. Она, конечно, не исчерпывает всех возможных типов внешних и собственных помех.

Рассмотрим теперь подробнее различные виды помех, их проявления и пути борьбы с ними. Этому рассмотрению следует уделить должное внимание, так как до сих пор изучались, если можно так выразиться, «причины», заставляющие телевизор нормально работать. Теперь же рассмотрим, почему телевизор может работать ненормально при полной его исправности.

7-2. ВНУТРЕННИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ ПОМЕХИ

Начнем с рассмотрения внутренних высокочастотных помех, возникающих в самих телевизорах. Термин «высокочастотные» в данном случае означает, что эти помехи или мешающие сигналы имеют частоты, близкие к высокой или промежуточной частотам телевизионных радиосигналов.

Собственные шумы радиоканала. Коротко собственные шумы канала изображения рассматривались выше. Собственные шумы радиоканалов изображения и звука возникают в основном вследствие дробового эффекта в радиолампах и тепловых шумов в сопротивлениях. Спектр этих шумов настолько широк, что захватывает по частоте все телевизионные каналы, включая и каналы на дециметровых волнах.

Шумы по-разному проявляются в каналах изображения, звука и синхронизации. На экране кинескопа шумы проявляются в виде перемежающихся, непрерывно роящихся черных или белых точек. Иногда собственные шумы имеют вид «снега» или «дождя».

В громкоговорителе при достаточно большом уровне собственных шумов слышен характерный звук, напоминающий шум дождя.

Для канала синхронизации шумы представляют опасность нарушения устойчивости синхронизации: при значительном уровне шума края изображения становятся «рваными», происходят сбои кадровой и строчной синхронизации.

Как же бороться с собственными шумами радиоканалов?

Важнейший путь состоит в применении схем высокочастотных усилителей с малым уровнем собственных шумов, например, каскодных. У хорошо отлаженных УВЧ уровень собственных шумов снижается до 2—3 *мкв* (все шумы, возникающие в радиоканале, принято относить ко входу телевизора).

Искажения изображения, вызываемые шумами, можно уменьшить, если сузить полосу пропускания канала изображения. При этом, естественно, упадет и четкость изображения, так как не все составляющие спектра сигнала дойдут до кинескопа. Однако в некоторых случаях удается найти компромиссное соотношение между уровнем шумов и качеством изображения.

В некоторых современных телевизорах имеется автоматическая регулировка полосы пропускания канала изображения в зависимости от усиления канала.

Следует отметить, что различные каналы телевизора имеют различную помехоустойчивость. Наиболее сильно подвержен влиянию шумов канал строчной синхронизации. Затем в порядке возрастающей помехоустойчивости следуют каналы изображения, кадровой синхронизации и, наконец, звуковой. Для повышения помехоустойчивости канала строчной синхронизации создан ряд схем инерционной строчной синхронизации, в которых частота строк управляется не каждым синхроимпульсом, а специально сформированным напряжением, представляющим собой результат усреднения длинной серии строчных импульсов.

Кадровая синхронизация более помехоустойчива, так как для формирования кадровых импульсов применяется интегрирующая цепь, в которой происходит хорошее сглаживание (фильтрация) шумов.

Гармоники видеосигналов. Другим важным видом внутренних высокочастотных помех являются гармоники видеосигнала, образующиеся, в основном, в цепи видеодетектора. В телевизорах с однокаскадным видеоусилителем на детектор подается сигнал промежуточной частоты значительной амплитуды — несколько вольт. Расчеты показывают, что в нагрузке детектора, помимо видеосигнала, образуются также и его гармоники. Например, для видеочастоты 5 *Мгц* десятая гармоника составляет 50 *Мгц*. Эта частота как раз лежит в спектре высокочастотного сигнала для первого телевизионного канала. Попадая на вход телевизора, эта гармоника может вызвать сильное искажение изображения и звука или даже привести к самовозбуждению в радиоканале. Опасность представляют также и более низкие гармоники, например, шестая, представляющая собой опасность уже для усилителя промежуточной частоты.

Гармоники сигналов звукового сопровождения, возникающие в цепи частотного детектора, также иногда могут вызвать сильные искажения изображения и звука.

Один из возможных путей борьбы с вредным влиянием гармоник сигналов, образующихся в нелинейных цепях телевизора (детекторах, дискриминаторе и пр.), состоит в тщательном экранировании этих цепей. В современных высокочувствительных телевизорах последний контур УПЧ канала изображения вместе с видеодетектором и его нагрузкой помещен в тщательно экранированный кожух с запаянной крышкой. Такой же экранировке подвергают и дискриминатор звукового канала.

Гармоники сигналов промежуточной частоты. Помимо указанных помех от гармоник видеосигнала, возможно также возникновение помех от гармоник сигналов промежуточной частоты. Например, вторая гармоника промежуточной частоты 30 *Мгц* попадает в спектр высокочастотных сигналов второго телевизионного канала. Основное средство борьбы с этой помехой состоит в тщательном экранировании цепей видеодетектора.

Большое значение имеет симметрия входных цепей блока ПТК, особенно при пользовании комнатной антенной с открытым двухпроводным кабелем. При полной симметрии кабеля и входных цепей паразитные колебания наводятся на обе жилы в одинаковой фазе и взаимно уничтожаются во входном контуре ПТК.

Биения высокочастотных сигналов. Два или более высокочастотных сигнала, пройдя по радиоканалу изображения и попав на видеодетектор, могут вызвать искажения изображения. Это относится в

первую очередь к сигналам изображения и звукового сопровождения принимаемого канала.

Сигнал разностной частоты 6,5 *Мгц*, возникающий в видеодетекторе, попадая на модулятор кинескопа в случае плохой фильтрации, вызывает на его экране появление мелкой сетки, которая снижает четкость изображения.

Биения могут возникнуть также между несущими частотами изображения и звукового сопровождения двух соседних каналов.

Борьба с такого рода искажениями состоит в повышении избирательности канала изображения по отношению к мешающим частотам. Кроме того, в видеоусилителе применяют режекторные контуры, настроенные на разностную частоту биений, в частности, на частоту 6,5 *Мгц*.

Дискриминаторный эффект. Это явление уже рассматривалось в главе второй при обосновании формы частотной характеристики УПЧ канала изображения. Мешающее действие сигнала звукового сопровождения состоит в том, что, попадая на неравномерный участок частотной характеристики УПЧ канала изображения, этот сигнал приобретает амплитудную модуляцию в такт со звуком. Видеодетектор выделяет эту звуковую частоту, и на экране кинескопа появляются горизонтальные полосы, меняющие свою интенсивность и конфигурацию синхронно со звуковым сопровождением.

Паразитные колебания в усилительных лампах. В ряде каскадов телевизора возможно возникновение паразитных колебаний на высоких частотах.

Прежде всего следует указать на паразитные колебания, возникающие в лампах усилителей промежуточной частоты изображения и звука на частотах 100—200 *Мгц*. Как правило, в этих усилителях применяют пентоды с большой крутизной сеточной характеристики. Монтажные провода, даже довольно короткие, вместе с емкостями ламп образуют колебательные системы, настроенные на частоты 100—200 *Мгц*. Особую роль играет качество блокировки экранирующей сетки лампы по высокой частоте. При недостаточной блокировке эта сетка начинает работать как анод генерирующего триода (вместе с управляющей сеткой и катодом).

Паразитные колебания, возникающие в усилительных пентодах, излучаются и попадают на вход усилителя высокой частоты телевизора (особенно при использовании комнатной антенны). При приеме сигналов на 5—12 каналах на экране телевизора могут наблюдаться волнистые горизонтальные полосы, ширина и положение которых меняются от настройки гетеродина.

Борьба с паразитными колебаниями в усилительных лампах состоит в максимально возможном укорочении всех монтажных проводов. Радикальным средством является включение в цепь управляющей или экранирующей сетки небольшого сопротивления (30—300 *ом*), которое резко ухудшает добротность паразитного контура и гасит колебания.

Особое внимание следует обращать на правильный монтаж при замене в телевизоре испорченных деталей. Следует также правильно выбирать точку заземления блокировочных конденсаторов (в цепи экранирующей сетки, катода, управляющей сетки).

Баркгаузеновские (электронные) колебания. Паразитные колебания возникают также и в мощной лампе строчной развертки. На управляющей сетке этой лампы во время прямого хода строчной раз-

вертки положительное напряжение может достигать 100 *в* и более. При этом анодное напряжение резко уменьшается и может на короткое время стать меньше, чем напряжение на управляющей сетке. В таких условиях возможно возникновение паразитных колебаний, которые получили название электронных или баркгаузеновских. Частота этих колебаний определяется в основном величиной положительного напряжения на управляющей сетке и размерами анода лампы. Механизм протекания этих колебаний довольно прост: электроны, которые пролетели положительно заряженную сетку, не долетают до анода, поскольку потенциал управляющей сетки достаточно велик. Колебательный контур, который образован выводами электродов лампы и монтажными элементами, поддерживает эти колебания.

Частота колебаний Баркгаузена лежит в области частот 6—12 каналов. Поскольку напряжение на управляющей сетке генераторной лампы строчной развертки меняется по пилообразному закону, то во время прямого хода частота баркгаузеновских колебаний меняется, охватывая широкий диапазон частот.

Как известно, из-за паразитных емкостей строчного трансформатора в его обмотках возникают паразитные колебания с частотой, в 10—15 раз превышающей частоту строчной развертки. Эти колебания, попадая на анод выходной лампы, дают некоторую амплитудную модуляцию баркгаузеновских колебаний Поэтому на экранах телевизоров, даже при отключенной антенне, наблюдаются вертикальные полосы, количество и положение которых можно изменять только с помощью регуляторов, связанных со строчной разверткой (частота строк, линейность, размер). При приеме сигналов на высокочастотных каналах могут возникнуть интерференционные помехи.

Для борьбы с паразитными баркгаузеновскими колебаниями можно включать в цепь анода или сетки небольшое сопротивление, однако радикальное средство состоит в том, чтобы на баллон лампы одеть кольцевой магнит, который своим полем искривит путь электронов и возвратит их на управляющую сетку.

7-3. ВНУТРЕННИЕ НИЗКОЧАСТОТНЫЕ ПОМЕХИ

Фон питающей сети. Напряжение сети, имеющее частоту 50 *гц*, может проникнуть в каналы изображения и звука и вызвать искажения.

Если анодное напряжение содержит плохо отфильтрованную переменную составляющую с частотой сети, то на экране кинескопа будут видны широкие темные и светлые горизонтальные полосы, иногда перемещающиеся снизу вверх или, наоборот, сверху вниз. Пути проникания этой неотфильтрованной составляющей анодного напряжения очень разнообразны: анодные и экранные цепи, цепи управляющих сеток, цепи питания электродов кинескопа и т. п. Иногда при значительной пульсации наблюдается также некоторое искривление правой и левой кромок растра.

Большую неприятность фон сети может доставлять в тех случаях, когда ведется прием телевизионных передач из других городов или по международным линиям телевизионной связи (Интервидение, Евровидение и др.).

Обычно на телевизионных передатчиках, где формируется теле-

визионный сигнал, происходит синхронизация кадровой частоты с частотой электросети. Если телевизор питается от той же сети, что и синхрогенератор телецентра, то неравномерность яркости изображения, вызванная прониканием фона сети, не заметна столь сильно, поскольку при этом не происходит перемещения этих неравномерностей по экрану. При междугородных или международных передачах, когда кадровые импульсы синхронизации не связаны с частотой сети, питающей телевизор, происходит перемещение по экрану вверх или вниз участков неравномерной освещенности.

К телевизорам последних моделей предъявляются специальные требования, связанные с возможным обменом телевизионных программ между разными телевизионными системами, и в том числе требование получения хорошего изображения при несинхронных электросетях.

Фон сети может вызвать неприятное гудение в громкоговорителе. Здесь так же как и в широковещательных приемниках, переменная составляющая анодного напряжения проникает в цепь усилителя звуковой частоты.

Радикальное средство устранения фона сети состоит прежде всего в хорошей фильтрации выпрямленного напряжения.

Иногда фон сети проникает и по накальным цепям. Это может произойти, если в катодную цепь лампы, питаемой переменным током, установлено сопротивление большой величины. В этом случае через сопротивление промежутка катод — нить накала часть тока накала ответвляется в катодную цепь, вызывая тем самым изменение потенциала сети в такт с сетевым напряжением. Для устранения этого эффекта иногда применяют специальную обмотку накального трансформатора для питания тех ламп, в катодных цепях которых имеются большие сопротивления. Кроме того, на нить накала, которая в этом случае не соединяется в шасси, подается небольшое положительное напряжение.

Проникание сигналов звука в канал изображения. Сигналы звукового сопровождения по питающим цепям могут проникнуть в канал изображения и вызвать паразитную модуляцию кинескопа.

Наиболее вероятно появление помехи со стороны выходного каскада звукового канала, на выходе которого сигнал имеет значительную мощность. При изменении тока выходной лампы несколько изменяется и анодное напряжение, от которого питаются некоторые другие лампы канала изображения. Звуковой фон на экране кинескопа проявляется в виде черно-белых горизонтальных полос (эти полосы горизонтальны, так как частота звука ниже частоты строк, поэтому за один период звукового колебания на экране прочертится несколько строк).

Для устранения помех этого вида необходимо применение конденсаторов большой емкости в анодном фильтре выходного каскада звукового канала.

Проникание сигналов изображения в звуковой канал. Аналогичными путями в звуковой канал могут проникнуть сигналы изображения и сигналы кадровой частоты, в особенности сигналы с выходного каскада кадровой развертки и выходного кадрового трансформатора. Если эти элементы расположены близко к усилителю низкой частоты звукового канала, то в громкоговорителе будет прослушиваться кадровый фон. Иногда фон кадровой развертки может вызвать неудачное расположение проводов, по которым протекают токи кадровой

частоты. При разработке телевизоров принимаются серьезные меры для устранения этого фона. Таким образом, в телевизоре фон кадровой развертки может возникнуть только в том случае, если выйдет из строя конденсатор анодного фильтра кадровой развертки и сигнал кадровой частоты проникнет в анодную цепь лампы звукового канала.

Колебательный процесс в блоке строчной развертки. К низкочастотным помехам следует отнести также искажения изображения, вызываемые недостаточным демпфирующим действием кенотрона в блоке строчной развертки. Если демпферный кенотрон начинает терять эмиссию, то его шунтирующее действие уменьшается, и колебательный процесс, происходящий в строчной развертке в начале периода, может усилиться. Это вызовет нелинейные искажения растра, а также волнистость строк и модуляцию по яркости. Особенно сильно эти явления заметны в левой части растра.

Источником помех может оказаться также динатронный эффект в выходной лампе кадровой развертки.

7-4. ИСКАЖЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ, ВЫЗЫВАЕМЫЕ ВНУТРЕННИМИ МАГНИТНЫМИ ПОЛЯМИ

Всевозможные магнитные поля, имеющиеся внутри телевизора, вызывают искажения изображения. Эти паразитные поля, складываясь с полем отклоняющих катушек, меняют форму растра, а также влияют на скорость потока электронов в электронном луче кинескопа.

Поле трансформатора питания и дросселя фильтра. Магнитное поле трансформатора питания, так же как и поле дросселя выпрямителя, состоит из постоянной составляющей и переменной, имеющей частоту сети. Постоянное поле вызывает искривление растра, а переменное — модулирует правую и левую кромки растра. Если при этом ведется прием сигналов телевизионного передатчика, кадровые импульсы которого несинхронны с частотой сети, то на экране наблюдается перемещающаяся синусоидальная кромка изображения.

Поле накальных цепей. Вокруг проводов, питающих цепи накала ламп, также образуется переменное магнитное поле частотой 50 *гц*, вызывающее искривление растра. Особенно это заметно, если цепь накала соединена с шасси телевизора.

Постоянное поле магнита динамического громкоговорителя. Если громкоговоритель размещен недалеко от кинескопа, то постоянное поле магнита громкоговорителя также искажает растр. В некоторых телевизорах для защиты от него применяют постоянные корректирующие магниты или защитные экраны из железа.

7-5. ВНУТРЕННИЕ ИМПУЛЬСНЫЕ ПОМЕХИ

Некоторые процессы в телевизоре сопровождаются образованием импульсов, искажающих изображение и звук.

Утечки высокого напряжения. Высокое напряжение, которым питается второй анод кинескопа, может достигать 16—18 *кв*. Если нарушается изоляция цепей, несущих высокое напряжение, то возможно возникновение коронного разряда электрического тока на близко расположенные металлические детали. Причиной коронного

разряда может быть сильная запыленность деталей телевизора или повышенная влажность в помещении. Иногда небольшая ворсинка ткани, оставленная на аноде кинескопа (в особенности, если кинескоп имеет металлический баллон), после протирки телевизора может вызвать коронный разряд. На экране при этом заметны яркие точки или полоски, более или менее сильно ухудшающие качество изображения. Звук сопровождается характерным треском или шипением.

Пробои строчного или кадрового трансформаторов. Указанные выше причины могут вызвать также микропробои в строчном и кадровом трансформаторах, на обмотках которых во время обратных ходов развивается значительное напряжение.

Проникание строчных импульсов в цепи кадровой синхронизации. Такого рода помеха может вызвать ухудшение чересстрочной развертки и снижение четкости изображения по вертикали. Кроме того, при сильном воздействии строчных импульсов кадровая развертка может оказаться очень неустойчивой.

7-6. АКУСТИЧЕСКИЕ ПОМЕХИ

Громкоговоритель обычно прикрепляют к ящику телевизора. Поэтому звуковое сопровождение телевизионной передачи может вызвать сотрясение некоторых деталей телевизора. Если эти детали плохо закреплены или соприкасаются с другими деталями, то при громком звуке могут происходить кратковременные замыкания в схеме, что вызовет нарушение нормальной работы телевизора.

Некоторые из приемных ламп чувствительны к сотрясениям. При вибрациях у них меняется расстояние между электродами, что вызывает изменение крутизны, входной емкости и т. п. Иногда на экране кинескопа наблюдаются горизонтальные полосы, меняющиеся в такт со звуком. Это может произойти, если лампы видеоканала чувствительны к вибрациям, которые вызываются сотрясением ящика и шасси телевизора от звуковых колебаний.

В некоторых старых моделях телевизоров наблюдался так называемый микрофонный эффект, вызываемый акустической обратной связью. Изменение параметров ламп при сотрясениях от звука громкоговорителя вызывает еще более сильный звук, что в свою очередь усиливает вибрацию и т. д. Это явление сопровождается неприятным воющим звуком.

В современных телевизорах, в которых звуковой канал использует разностную частоту 6,5 *Мгц*, это явление не возникает.

7-7. ВНЕШНИЕ ПОМЕХИ

Помехи, возникающие вне телевизора, могут проникать в него по трем путям: вместе с основным телевизионным сигналом через антенну; по электрической сети, питающей телевизор; путем непосредственного воздействия на узлы телевизора.

По своему характеру внешние помехи можно подразделить на импульсные и гармонические. Спектр импульсных помех очень широк, и на телевизор воздействует лишь часть спектра помехи. Гармонические помехи имеют сравнительно узкий спектр, иногда перекрываю-

щийся по частотам с полосой пропускания одного из телевизионных каналов.

Эти два типа помех по-разному искажают изображение и звук. Гармоническая помеха, примером которой может служить излучение гетеродина соседнего телевизора, накладываясь на спектр телевизионного сигнала, вызывает на экране появление горизонтальных и вертикальных полос, непрерывно меняющихся по своему характеру. Вертикальные полосы образуются тогда, когда разность между частотами помехи и несущей изображения больше, чем частота строчной развертки и, следовательно, за один период строчного процесса возникнет несколько периодов частоты биений. Горизонтальные полосы при биении помехи с несущей образуются тогда, когда частота этих биений ниже частоты строк. Так как обычно источники помех не синхронизированы с частотой строк, то количество и расположение полос непрерывно меняется, что иногда сильно ухудшает изображение.

Импульсные помехи могут оказаться синхронизированными с частотой сети. Поэтому, если ведется местный прием, т. е. телевизионный передатчик также синхронизирован с этой же сетью, то помеха, наблюдаемая в виде искажения части изображения, не перемещается по экрану. При приеме несинхронных передач от телецентров, несинхронизированных с сетью, будет наблюдаться перемещение пораженного помехой участка изображения. Некоторые импульсные помехи (например, помехи от бытовых электрических приборов) несинхронны с телевизионным сигналом, поэтому их воздействие на изображение проявляется в виде образования хаотичных точек, полосок извилистых линий различной яркости и конфигурации. Внешние помехи в основном воздействуют на изображение и синхронизацию. Звуковой канал, имеющий сравнительно более узкую полосу, подвержен влиянию помех в меньшей степени.

Средства борьбы с внешними помехами зависят от конкретного вида помехи. Если спектр помехи полностью перекрывает спектр полезного сигнала, то для борьбы с такой помехой необходимо принимать меры по уменьшению уровня помех на самом источнике помех Если спектр помехи лишь частично перекрывается со спектром телевизионного сигнала, то здесь могут помочь различные фильтры, которые не пропускают помеху на вход телевизора. Для узкополосных помех, спектр которых занимает небольшую часть полосы пропускания канала изображения, применяют специальные режекторные контуры, устанавливаемые на входе телевизора.

Борьба с помехами, проникающими в телевизор по сети, может вестись значительно успешнее. В некоторых типах телевизоров в провода сетевого входа помещают фильтры, предотвращающие возможность проникания как импульсной, так и гармонической помехи. Эти сетевые фильтры предназначаются также и для уменьшения уровня помех, создаваемых самим телевизором для вещательных радиоприемников (частоты гармоник строчной частоты, а также некоторые составляющие видеосигнала лежат в вещательных диапазонах радиоволн).

Что же касается влияния различных внешних магнитных полей на схему телевизора, то борьба с ними ведется путем экранировки узлов телевизора.

Рассмотрим более подробно некоторые из часто встречающихся видов внешних помех.

7-8. ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ ПОМЕХИ, ПРОНИКАЮЩИЕ ЧЕРЕЗ АНТЕННУ

Излучения гетеродинов соседних телевизоров и радиоприемников. Частоты гетеродинов телевизоров могут лежать в пределах спектра телевизионных сигналов. Поэтому, попадая в антенну, сигналы гетеродина излучаются и принимаются расположенными антеннами других телевизоров. Дело усугубляется еще и тем, что приемные антенны обычно располагаются недалеко друг от друга, да еще параллельно одна другой, вследствие чего вероятность приема сигналов на мешающей частоте соседнего гетеродина увеличивается.

На экране телевизора такая помеха создает горизонтальные, вертикальные или наклонные полосы значительной интенсивности.

Такую же помеху создают гармоники гетеродинов приемников, особенно при работе в коротковолновом диапазоне волн.

К современным телевизорам предъявляются очень жесткие требования в отношении уровня напряжения гетеродина на антенном входе. Если эти требования соблюдаются, то описанная помеха не возникает. Однако имеется большое число телевизоров ранних выпусков, для которых уровень напряжения гетеродина на антенном входе не нормировался.

Борьба с такой помехой вообще затруднительна. Применение режекторных контуров не всегда позволяет устранить помехи, так как телезритель мешающего телевизора или радиослушатель соседнего приемника могут изменять частоту гетеродина при настройке.

Гармоники излучений радиостанций. Некоторые радиостанции, особенно коротковолновые, помимо основной частоты, излучают гармоники, лежащие в спектре телевизионных сигналов. Помеха искажает изображение так же, как и излучение соседнего гетеродина. Кроме того, если сигнал радиопередатчика модулирован по амплитуде, то полосы, возникающие на экране в такт с модуляцией, меняют свою интенсивность.

Телевизионные передатчики. В некоторых редких случаях возможен прием на один телевизор двух телевизионных передач, от местного и от далеко расположенного телецентров, причем частоты обоих сигналов находятся в одном телевизионном канале. Если при этом сигналы синхронизации различны, то будут наблюдаться биения между частотами строк и кадров. На экране появятся полосы, перемещающиеся по вертикали. Борьба с такого рода помехой состоит в выборе правильной ориентации антенны.

Медицинская аппаратура. Многие физиотерапевтические приборы создают серьезные помехи телевидению. К ним относятся в первую очередь высокочастотные установки. Сигналы от установок УВЧ, работающих на частотах 30—50 *Мгц*, попадают в спектр принимаемых сигналов первого телевизионного канала и сигналов промежуточной частоты. В настоящее время многие медицинские приборы переведены на другие частоты.

Медицинская аппаратура работает от сети переменного тока, поэтому при местном приеме искаженные участки изображения оказываются на экране неподвижными. Проявляются помехи от медицинской аппаратуры в виде зигзагообразных линий.

Высокочастотные промышленные установки. Эти установки, предназначенные для термической обработки материалов, работают

на частотах 15—30 *Мгц*. Поэтому гармоники их могут попадать в полосы пропускания телевизионных каналов. Мешающее действие этих сигналов такое же, как и других гармонических сигналов. В настоящее время принимаются серьезные меры по тщательной экранировке промышленных высокочастотных генераторов.

Электрический транспорт. На городском транспорте обычно применяют электродвигатели коллекторного типа с контактными щетками, работающие на постоянном токе.

Искрение щеток вызывает иногда помехи. Искровые разряды между токосъемниками и контактной сетью трамваев и троллейбусов также вызывают помехи. Помехи возникают и в системе зажигания автомобилей.

Защита от помех, создаваемых электрическим транспортом, затруднительна из-за широкого спектра излучений. В некоторой степени помогает изменение направления антенны и тщательная экранировка фидера.

Электросварка. Электромагнитное излучение искрового промежутка, возникающего при электросварке, имеет также широкий спектр частот, попадающих в полосу пропускания телевизионных каналов. Проявляется помеха от электросварки в виде горизонтальных полос, «забивающих» изображение. Отличить такую помеху нетрудно по ее периодическому характеру.

Газосветные лампы. Спектр электромагнитного излучения газосветных ламп, применяемых для вечернего освещения или рекламы, также весьма широк. Проявляются эти помехи в виде горизонтальной полосы, состоящей из небольших черточек.

Бытовые электроприборы. Многие бытовые электроприборы содержат электродвигатели щеточного типа. Возникающие в них искровые процессы могут быть источником помех. Создают помехи также и электрические бритвы, электрические звонки, электроутюги с автоматическим терморегулятором и многие другие бытовые приборы.

Дальность действия таких помех обычно не превышает нескольких десятков метров.

Отражения от домов и различных сооружений. На приемную антенну, как уже отмечалось в главе пятой, помимо основного сигнала, приходят также и сигналы, отраженные от различных предметов и сооружений. Обычно отраженный сигнал слабее прямого, поэтому синхронизация изображения производится прямым сигналом. Отраженный сигнал также создает изображение, но оно сдвинуто в сторону от основного изображения. Для устранения этого следует изменить ориентацию антенны или изменить место ее установки.

Отражения от самолетов. Если при отражении радиоволн от зданий и других сооружений разность фаз прямой и отраженной волн постоянна, то при приходе волны, отраженной от летящего самолета, эта разность фаз может изменяться. За время пролета самолета недалеко от приемной антенны эта разность фаз меняется в больших пределах, много раз принимая значения 0 и 180°.

Если фазы прямой и отраженной волн совпадают, то интенсивность сигнала возрастает. Если, наоборот, разность фаз равна 180°, то принимаемый сигнал ослабляется. Так как разность фаз непрерывно изменяется, то на экране телевизора наблюдается изменение контрастности изображения с частотой в пределах от 0,1 до 5 *гц* в зависимости от удаленности самолета и его скорости.

7-9. ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ ПОМЕХИ, ПРОНИКАЮЩИЕ ПО СЕТИ

Высокочастотные колебания могут попадать в цепи УВЧ и УПЧ телевизора по сети переменного тока. По характеру воздействия на изображение эти помехи проявляются так же, как и помехи, проникающие через антенну.

Защита от помех, проникающих по сети, не вызывает особых трудностей. Иногда конденсатор, включенный параллельно сетевым проводам, может в достаточной мере ослабить помеху.

7-10. ПОМЕХИ, ВЫЗЫВАЕМЫЕ ВНЕШНИМИ ПОЛЯМИ

Если вблизи телевизора помещен феррорезонансный стабилизатор напряжения, то при его работе возникает сильное магнитное поле, которое, воздействуя на кинескоп, вызывает искажение геометрических размеров изображения. Кроме того, может произойти модуляция кинескопа по яркости с частотой сети. Таким образом, при междугородных передачах, не синхронных по сети, будет заметен фон, перемещающийся вверх или вниз.

В высококачественных телевизорах обращают внимание на магнитное поле Земли, которое также вызывает искривление растра. С помощью специáльных магнитов, укрепленных по краям отклоняющей системы, удается скомпенсировать влияние магнитного поля Земли.

7-11. НЕКОТОРЫЕ СПОСОБЫ БОРЬБЫ С ПОМЕХАМИ

Все виды помех можно подразделить на две группы по их спектральному составу (рис. 7-4). Для первой группы помех (рис. 7-4, *а*) характерно, что спектр помехи не перекрывается со спектром телевизионного сигнала.

Для второй группы помех (рис. 7-4, *б*, *в* и *г*) спектр помехи в той или иной степени перекрывается со спектром сигнала.

В первом случае (рис. 7-4,*а*) зачастую удается избавиться от влияния помехи с помощью специальных фильтров на входе телевизора. Несмотря на то, что спектры помехи и полезного сигнала не перекрываются, все же имеется опасность искажений изображения и звука. Если помеха имеет достаточно большую мощность, то, попадая на управляющую сетку лампы УВЧ, помеха модулирует полезный сигнал.

Для уменьшения уровня помехи на входе телевизора можно применять избирательный фильтр, который будет пропускать только спектр телевизионного сигнала и подавляет все остальные сигналы за пределами этого спектра. На рис. 7-5, *а* и *б* показаны схемы таких фильтров (ППУ), выпускавшихся промышленностью.

Первый фильтр позволяет получить затухание на всех частотах, кроме частот данного телевизионного канала. Второй фильтр вносит затухание только для частот более низких, чем частоты спектра телевизионного сигнала.

Применение фильтра второго типа более желательно, если ведется прием на нескольких телевизионных канáлах, а помеха имеет ча-

стоты, более низкие, чем самая низкая частота принимаемых программ.

Если помеха имеет спектр, показанный на рис. 7-4, *б*, то борьба с ней крайне затруднительна, если интенсивность помехи достаточно велика. В этом случае может помочь только изменение ориентации

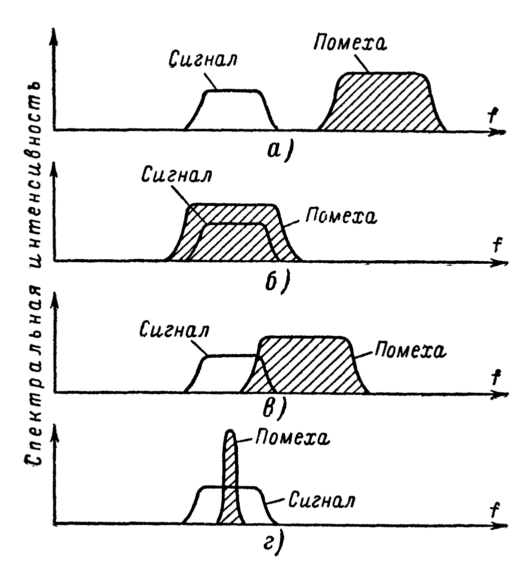


Рис. 7-4. Взаимное положение спектров сигнала и помехи.

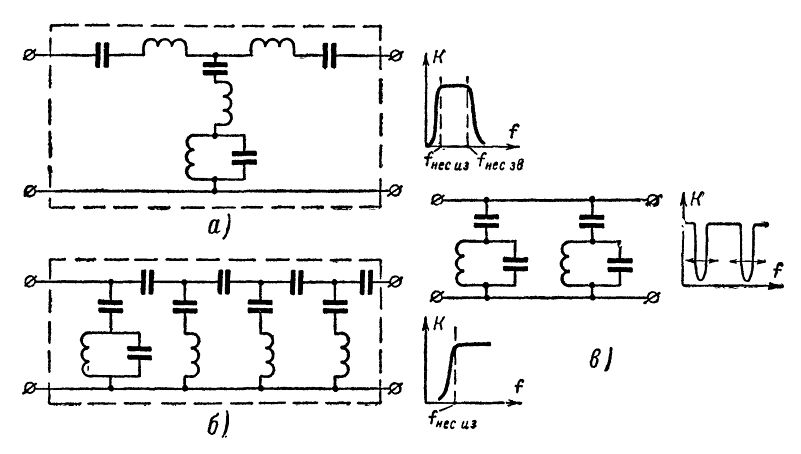


Рис. 7-5. Принципиальные схемы фильтров типа ППУ.

антенны, перестановка ее на новое место, применение антенны с большей направленностью.

В случаях частичного перекрытия спектров сигнала и помехи может помочь применение фильтров ППУ. На рис. 7-5, *в* показана схема фильтра, позволяющего вносить затухание для части спектра принимаемых сигналов. Эту задачу выполняют два перестраиваемых режекторных контура, составляющих фильтр.

Для помехи, спектр который частично перекрывает спектр сигнала (рис. 7-4, *в*), можно применить два последовательно включенных фильтра, приведенных на рис. 7-5, *а* и *в*. Помеха, показанная на рис. 7-4, *г* может быть устранена режекторным фильтром (рис. 7-5,*в*).

Практически не всегда известен спектр помехи, поэтому приходится опытным путем подбирать типы фильтров.

Глава восьмая

НАЗНАЧЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ И РАБОТА ТЕЛЕВИЗОРА «РЕКОРД-4»

В заключение познакомимся с принципиальной схемой и работой отечественного телевизора «Рекорд-4». Задача этой главы состоит в том, чтобы дать возможность читателю составить представление о схеме телевизора в целом. Кроме того, читатель ознакомится с терминологией, применяемой в литературе по телевизионной технике.

8-1. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕЛЕВИЗОРА «РЕКОРД-4»

Все телевизоры, выпускаемые в настоящее время, подразделяются на три класса в зависимости от характеристик.

Телевизоры I класса позволяют получать наиболее высокое качество изображения и звука. Для этих моделей обязательно ряд автоматических регулировок, например, АРУ, автоматическая регулировка яркости, автоматическая синхронизация строчной развертки, автоматическая стабилизация размеров изображения и т. п. В телевизорах третьего класса, рассчитанных на массовый выпуск, эти регулировки не обязательны; допускается некоторое снижение четкости изображения и чувствительности радиоканалов.

Однако по надежности и удобству эксплуатации телевизоры III класса не должны уступать первоклассным. Кроме того, мощность, потребляемая телевизорами третьего класса, не должна превышать 150 *вт*, что делает их наиболее экономичными по сравнению с телевизорами других классов. Телевизоры второго класса по своим параметрам занимают промежуточное положение.

Телевизор «Рекорд-4» обладает следующими основными техническими характеристиками:

позволяет вести прием на любом из 12 телевизионных каналов;

чувствительность по каналам изображения и звука не хуже 200 *мкв*;

четкость изображения в любой точке экрана: по горизонтали — не менее 350 строк, по вертикали — не менее 450 строк;

избирательность канала изображения на частотах, отстоящих от несущей частоты изображения на 1,5 и 8 *Мгц*, не менее 20 *дб*;

размер изображения по диагонали экрана 350 *мм*;

автоматическая регулировка усиления в канале изображения должна поддерживать амплитуду выходного видеосигнала в пределах ± 3 *дб* при изменении входного сигнала в пределах 20 *дб*;

возможность воспроизведения граммзаписи при помощи отдельного проигрывателя;

мощность, потребляемая телевизором, составляет 140 *вт* при приеме телевизионных передач и 35 *вт* при воспроизведении граммзаписи;

вес телевизора 23 *кг*, габариты футляра 420×420×515 *мм*;

в звуковом канале применены два динамических громкоговорителя 1ГД-9;

предусмотрена возможность воспроизведения звука на головные телефоны, при этом громкоговорители отключаются;

в телевизоре имеется 17 радиоламп и кинескоп 35ЛК2Б.

8-2. БЛОК ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ ПТК

Принципиальная схема блока ПТК показана на рис. 8-1. Блок представляет собой унифицированный узел, применяемый в настоящее время во всех серийных телевизорах. Он состоит из усилителя высокой частоты (лампа $Л_1$), выполненного по каскодной схеме, смесителя на пентодной части лампы $Л_2$ и гетеродина, собранного по схеме емкостной трехточки на триодной части лампы 6Ф1П. Блок рассчитан на прием телевизионных передач в любом из 12 телевизионных каналов. Переход с одного канала на другой осуществляется путем переключения катушек контуров во входной цепи, в анодной цепи УВЧ и в резонансной системе гетеродина (катушки L_1—L_6 одного из каналов показаны на рис. 8-1).

Все катушки, намотанные на тонкие каркасы, размещены по окружности барабана, который вращается ручкой, выведенной на переднюю или боковую стенку телевизора. На одной оси с барабанным переключателем каналов находится конденсатор гетеродина, предназначенный для изменения частоты гетеродина для более точной его подстройки.

Рассмотрим назначение всех элементов принципиальной схемы блока ПТК (рис. 8-1).

Сопротивления. R_1 — служит для согласования входа телевизора с кабелем, имеющим волновое сопротивление 75 *ом* (кабель подключается к гнезду A_2). Это гнездо используют в тех случаях, когда телевизионный сигнал имеет значительную интенсивность;

R_2 — вместе с сопротивлением R_3 и параллельным ему сопротивлением входной цепи образует делитель напряжения, необходимый при большой интенсивности принимаемого сигнала;

R_3 — так же, как R_1 предназначено для согласования антенного кабеля при включении его в гнездо A_1, которым пользуются при приеме сигналов небольшой интенсивности;

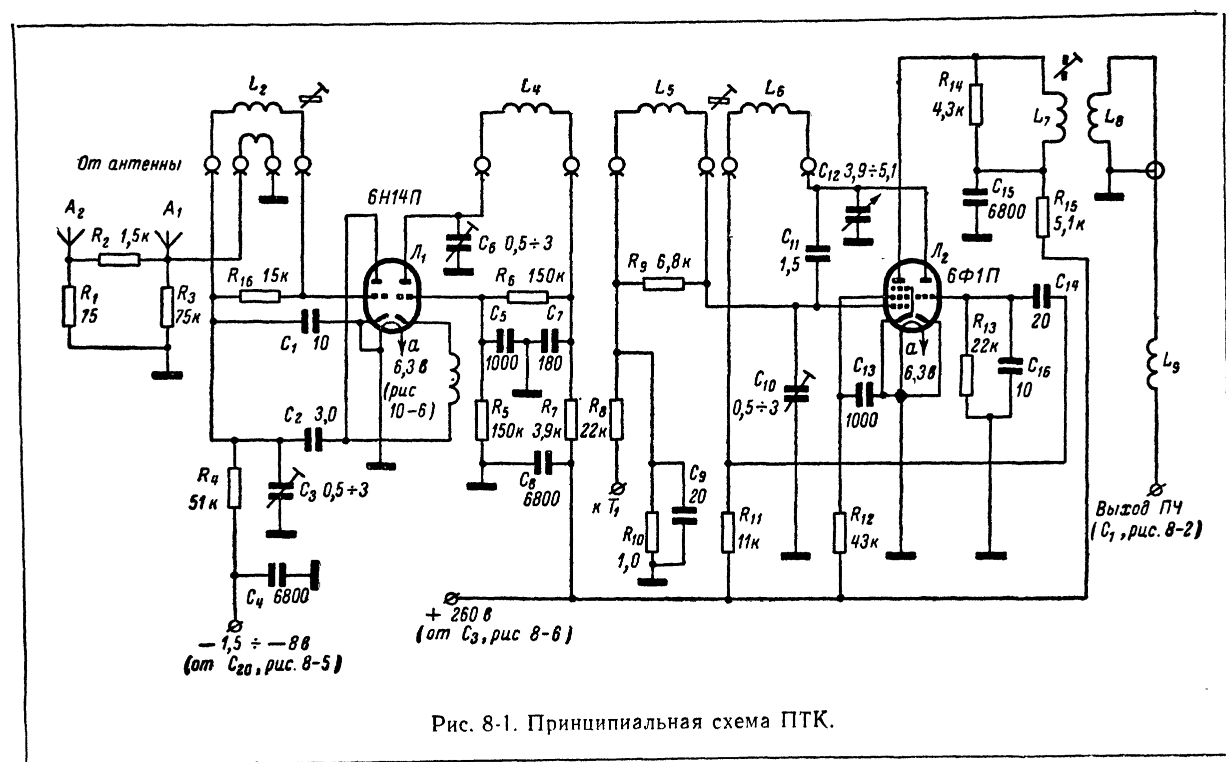


Рис. 8-1. Принципиальная схема ПТК.

R_4 — через него подается напряжение АРУ на управляющую сетку лампы УВЧ;

R_5 и R_6 образуют делитель постоянного напряжения для установки режима лампы $Л_1$;

R_7 — вместе с конденсатором C_8 образует развязку, предотвращающую проникание в каскад УВЧ нежелательных сигналов из цепей питания и проникание из УВЧ в цепи питания сигналов высокой частоты и гетеродина;

R_8 — буферное сопротивление, предназначенное для вывода напряжения смещения на управляющей сетке пентода $Л_2$ для контроля, благодаря сопротивлению R_8 подключение измерительного прибора не влияет на режим работы смесителя и гетеродина;

R_9 — расширяет полосу пропускания вторичного контура анодной цепи УВЧ;

R_{10} — вместе с конденсатором C_9 образует цепочку, предназначенную для получения смещения за счет сеточных токов смесителя;

R_{11} — гасящее сопротивление, через которое поступает анодное напряжение для гетеродина;

R_{12} — через это сопротивление поступает напряжение питания на экранирующую сетку смесителя. Вместе с конденсатором C_{13} сопротивление R_{12} образует развязывающий фильтр;

R_{13} — вместе с конденсатором C_{16} образует цепочку для получения смещения в сеточной цепи гетеродина;

R_{14} — расширяет полосу пропускания первичного контура резонансной системы смесителя;

R_{15} — гасящее сопротивление, предназначенное для снижения напряжения на аноде смесителя. Кроме того, вместе с конденсатором C_{15} образует развязывающий фильтр;

R_{16} — расширяет полосу пропускания входного контура УВЧ.

Конденсаторы. C_1 — нейтрализует индуктивность катодного вывода триода лампы УВЧ. Эта паразитная индуктивность может оказаться причиной уменьшения усиления на высоких частотах, а в некоторых случаях и причиной самовозбуждения УВЧ;

C_2 — вместе с конденсатором C_3 и емкостями лампы образует нейтрализационный мост, предназначенный для ослабления влияния проходной емкости лампы на стабильность УВЧ, а также для уменьшения напряжения гетеродина на антенном входе блока;

C_3 — подстроечный конденсатор, предназначенный для точной подстройки баланса моста нейтрализации;

C_4 — развязывающий конденсатор, предотвращающий попадание в цепи УВЧ паразитных сигналов по цепям АРУ;

C_5 — блокировочный конденсатор для заземления по высокой частоте управляющей сетки второго каскада УВЧ;

C_6 — подстроечный конденсатор для настройки первичного контура анодного фильтра УВЧ (в основном компенсирует разброс монтажных емкостей в различных экземплярах блока);

C_7 — вместе с R_7 образует развязку;

C_8 — блокировочный конденсатор, устраняющий паразитные сигналы, которые могут по цепи анодного питания проникнуть в блок, а также предотвращающий проникание сигналов гетеродина в цепи питания;

C_9 — вместе с сопротивлением R_{10} образует цепочку, предназначенную для образования смещения на управляющей сетке смесителя;

C_{10} — предназначен для подстройки вторичного контура анодного фильтра УВЧ;

C_{11} — предназначен для подачи напряжения гетеродина на управляющую сетку смесителя,

C_{12} — служит для перестройки частоты гетеродина телезрителем;

C_{13} — блокировочный конденсатор, заземляющий экранирующую сетку пентода смесителя по высокой частоте, а также вместе с сопротивлением R_{12} образует развязку;

C_{14} — конденсатор цепочки сеточного смещения гетеродина;

C_{15} — вместе с R_{15} образует развязку;

C_{16} — входит в состав емкостного делителя в схеме емкостной трехточки.

Индуктивности. L_1 — первичная катушка входного контура УВЧ (на эту катушку поступает сигнал от антенны);

L_2 — вторичная катушка входного контура;

L_3 — дроссель, служащий нагрузкой для первого каскада УВЧ, вместе с выходной емкостью первого каскада УВЧ и входной емкостью второго каскада образует П-образный фильтр;

L_4 — первичная катушка анодного полосового фильтра УВЧ;

L_5 — вторичная катушка анодного полосового фильтра УВЧ;

L_6 — катушка контура гетеродина (подстраивается сердечником, а также переменным конденсатором C_{12});

L_7 — первичная катушка анодного контура смесителя;

L_8 — вторичная катушка анодного контура смесителя;

L_9 — катушка выходного контура анодной нагрузки смесителя.

Лампы. $Л_1$ — усилитель высокой частоты. Левый по схеме триод — первый каскад УВЧ, собранный по схеме с заземленным катодом, правый триод — второй каскад УВЧ, собранный по схеме с заземленной по высокой частоте управляющей сеткой;

$Л_2$ — пентодная часть — смеситель, триодная часть — гетеродин.

8-3. УПЧ, ВИДЕОДЕТЕКТОР И ВИДЕОУСИЛИТЕЛЬ КАНАЛА ИЗОБРАЖЕНИЯ

Принципиальная схема указанных каскадов канала изображения приведена на рис. 8-2. Канал содержит трехкаскадный усилитель промежуточной частоты на лампах 6Ж1П, диодный видеодетектор ($Д_1$) и двухкаскадный видеоусилитель на лампах 6Ж1П и 6П15П.

Для формирования частотной характеристики УПЧ применен избирательный Т-образный фильтр и два режекторных контура. С помощью одного из режекторных контуров на частотной характеристике в области промежуточной частоты сигнала изображения формируется небольшая площадка.

Системой автоматической регулировки усиления охвачены первые два каскада УПЧ.

Сопротивления. R_1 — сопротивление утечки сетки служит также шунтом для вторичного контура анодного фильтра смесителя (рис. 8-1) а кроме того, обеспечивает поступление напряжения АРУ на сетку лампы первого каскада УПЧ;

R_2 — вместе с конденсаторами C_7 и C_8 образует развязку по промежуточной частоте;

R_3 — утечка сетки лампы $Л_2$;

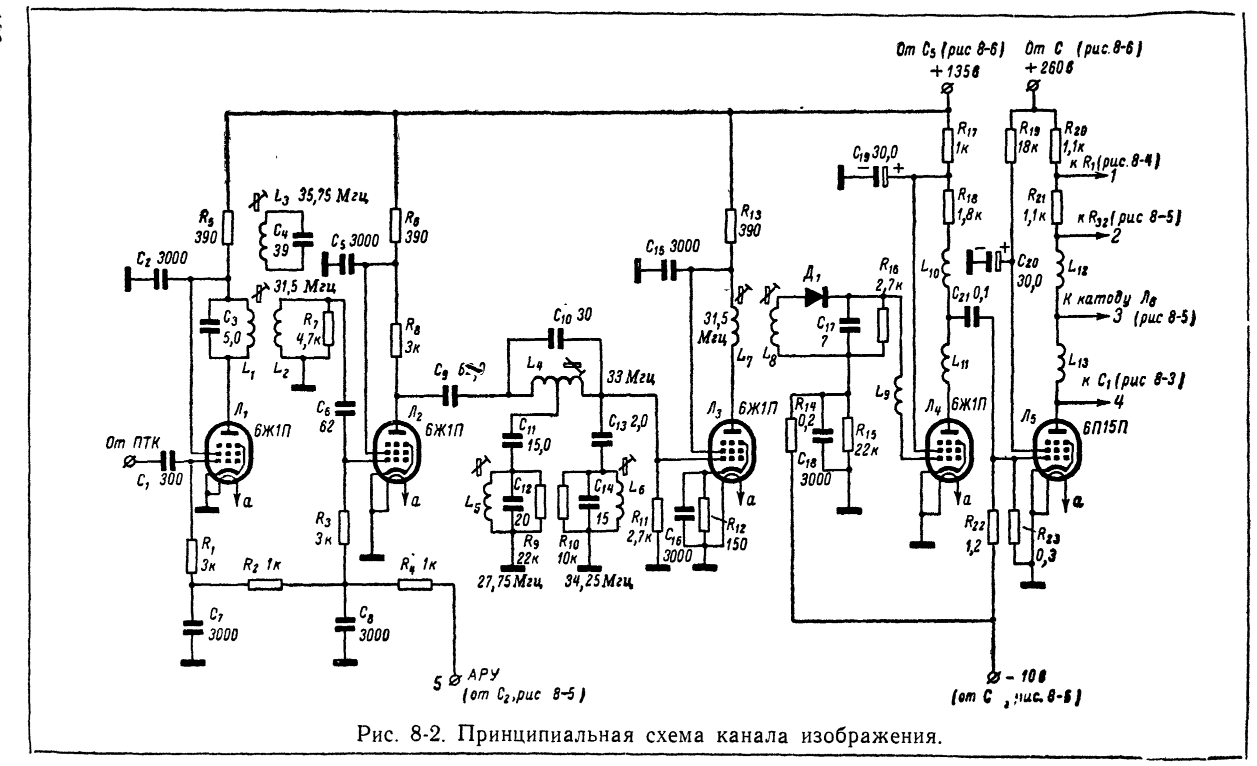


Рис. 8-2. Принципиальная схема канала изображения.

R_4 — вместе с конденсатором C_8 фильтрует напряжение АРУ по промежуточной частоте;

R_5 — вместе с конденсатором C_2 представляет собой фильтр в анодной цепи лампы $Л_1$;

R_6 — то же, что и R_5;

R_7 — расширяет полосу пропускания вторичного контура нагрузки первого каскада УПЧ;

R_8 — анодная нагрузка второго каскада УПЧ;

R_9 и R_{10} — несколько расширяют полосы пропускания контуров;

R_{11} — сопротивление утечки сетки лампы $Л_3$;

R_{12} — для образования напряжения смещения;

R_{13} — вместе с конденсатором C_{16} образует развязку по промежуточной частоте;

R_{14} — вместе с сопротивлением R_{15} образует делитель отрицательного напряжения для формирования смещения на управляющей сетке лампы $Л_4$;

R_{16} — нагрузка видеодетектора, на этом сопротивлении выделяется видеосигнал;

R_{17} — вместе с конденсатором C_{19} образует развязку на частоте видеосигнала и частоте питающей сети;

R_{18} — анодная нагрузка лампы $Л_4$;

R_{19} — гасящее сопротивление в цепи питания экранирующей сетки второго каскада видеоусилителя. Вместе с C_{20} образует фильтр-развязку;

R_{20} и R_{21} — образуют сопротивление анодной нагрузки видеоусилителя. С сопротивления R_{20} часть усиленного видеосигнала снимается в цепи синхронизации, с суммарного сопротивления видеосигнал поступает в схему ключевой АРУ;

R_{22} и R_{23} — делитель отрицательного напряжения для смещения на управляющей сетке лампы $Л_5$.

Конденсаторы. C_1 — переходный конденсатор, пропускающий сигнал промежуточной частоты от анодной нагрузки смесителя;

C_2 — блокировочный конденсатор;

C_3 — вместе с индуктивностью L_1 образует первичный контур анодной нагрузки первого каскада УПЧ;

C_4 — с индуктивностью L_3 образует режекторный контур;

C_5 — блокировочный конденсатор;

C_6 — переходный конденсатор, предотвращающий замыкание напряжения АРУ на шасси через катушку L_2;

C_7 и C_8 — развязывающие конденсаторы цепи АРУ;

C_9 — переходный конденсатор;

C_{10} — вместе с L_4 образует колебательный контур Т-фильтра;

C_{11} — конденсатор связи второго контура Т-фильтра;

C_{12} — входит в состав второго контура Т-фильтра;

C_{13} — конденсатор связи режекторного контура с Т-фильтром;

C_{14} — входит в состав режекторного контура;

C_{15} — блокировочный конденсатор;

C_{16} — конденсатор блокировки катодной цепи по промежуточной частоте;

C_{17} — шунтирует нагрузку видеодетектора для пропускания сигналов промежуточной частоты;

C_{18} — блокировочный конденсатор по промежуточной частоте;

C_{19} — вместе с сопротивлением R_{17} образует развязку для низкой частоты;

C_{20} — также вместе с сопротивлением R_{19} фильтрует анодное напряжение;

C_{21} — переходной конденсатор между анодной цепью первого каскада видеоусилителя и цепью управляющей сетки второго каскада.

Индуктивности. L_1 — первичная катушка анодного контура УПЧ;

L_2 — вторичная катушка анодного контура;

L_3 — катушка режекторного контура, ослабляющего сигналы на частоте 35,75 *Мгц*;

L_4 — катушка первого контура Т-фильтра;

L_5 — катушка второго контура Т-фильтра;

L_6 — катушка режекторного контура, имеющего слабую связь с Т-фильтром (через небольшую емкость C_{13});

L_7 — первичная катушка анодного полосового контура третьего каскада УПЧ;

L_8 — вторичная катушка полосового фильтра;

L_9 — дроссель коррекции частотной характеристики видеоусилителя;

L_{10} и L_{11} — дроссели коррекции частотной характеристики первого каскада видеоусилителя;

L_{12} и L_{13} — дроссели коррекции частотной характеристики второго каскада видеоусилителя.

Полупроводниковый диод. $Д_1$ — детектирует сигналы промежуточной частоты для выделения видеосигнала. Кроме того, в цепи этого диода образуются биения промежуточных частот изображения и звукового сопровождения и выделение сигнала разностной частоты 6,5 *Мгц* с частотной модуляцией.

Лампы. $Л_1$ — первый каскад УПЧ канала изображения;

$Л_2$ — второй каскад УПЧ;

$Л_3$ — третий каскад УПЧ;

$Л_4$ — первый каскад видеоусилителя;

$Л_5$ — второй каскад видеоусилителя (в каскадах на лампах $Л_4$ и $Л_5$ происходит также усиление сигнала разностной частоты 6,5 *Мгц*).

8-4. КАНАЛ ЗВУКОВОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ (УПЧ, ДИСКРИМИНАТОР, УНЧ)

В канале звукового сопровождения (рис. 8-3) сигналы промежуточной частоты 6,5 *Мгц* усиливаются однокаскадным усилителем ($Л_1$), затем поступают на ограничитель ($Л_2$), в котором происходит ослабление паразитной амплитудной модуляции, вызванной видеосигналом, а также различного рода помехами. В анодной цепи ограничителя имеется частотный дискриминатор, преобразующий частотно-модулированный сигнал промежуточной частоты в амплитудно-модулированный и затем — выделяющий сигнал звуковой частоты. В каскаде на лампе $Л_3$ происходит усиление сигнала звуковой частоты по напряжению и, наконец, в выходном каскаде ($Л_4$) — усиление по мощности. Звук воспроизводится двумя громкоговорителями 1ГД-9. При необходимости вместо громкоговорителей можно подключить головные телефоны в гнезда $К_1$ и $К_2$, при этом громкоговорители отключаются.

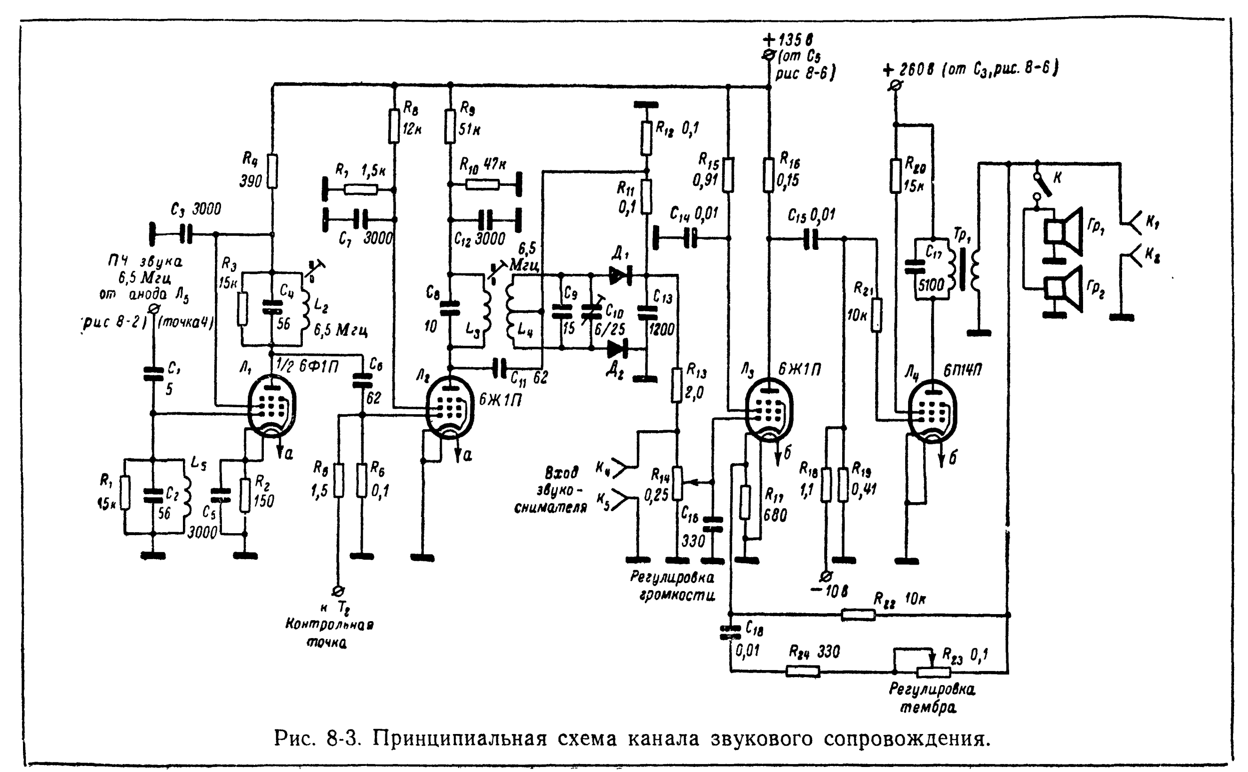


Рис. 8-3. Принципиальная схема канала звукового сопровождения.

Сопротивления. R_1 — расширяет полосу пропускания входного контура канала звукового сопровождения;

R_2 — предназначено для образования смещения;

R_3 — расширяет полосу пропускания анодного контура УПЧ звука;

R_4 — вместе с конденсатором C_3 образует развязку по анодному питанию;

R_5 — сопротивление для измерения напряжения на сетке ограничителя при настройке контуров УПЧ;

R_6 — утечка сетки лампы ограничителя;

R_7 и R_8 — образуют делитель напряжения для питания экранирующей сетки лампы ограничителя;

R_9 и R_{10} — образуют делитель напряжения для питания анодной цепи лампы ограничителя;

R_{11} и R_{12} — нагрузка частотного дискриминатора, в точку соединения этих сопротивлений через конденсатор C_{11} подается напряжение промежуточной частоты;

R_{13} — ограничительное сопротивление, уменьшающее напряжение звуковой частоты на потенциометре регулировки громкости R_{14}, а также при подключении звукоснимателя к гнездам K_4 и K_5 и предотвращающее шунтирование звукоснимателя низким выходным сопротивлением дискриминатора;

R_{14} — регулятор громкости звука;

R_{15} — вместе с конденсатором C_{14} образует развязку по питанию экранирующей сетки лампы первого каскада УНЧ;

R_{16} — анодная нагрузка лампы первого каскада УПЧ;

R_{17} — предназначено для образования смещения, для создания отрицательной обратной связи в первом каскаде УНЧ, а также для подачи напряжения отрицательной обратной связи с выходного трансформатора звукового канала;

R_{18} и R_{19} — образуют делитель отрицательного напряжения для подачи смещения на управляющую сетку лампы выходного каскада УНЧ;

R_{20} — гасящее сопротивление в цепи питания экранирующей сетки выходного каскада УНЧ;

R_{21} — предназначен для предотвращения паразитных колебаний в мощном каскаде УНЧ;

R_{22} — для подачи напряжения обратной связи с вторичной обмотки выходного трансформатора в катодную цепь лампы первого каскада УНЧ;

R_{23} — вместе с сопротивлением R_{24} и конденсатором C_{18} образует селективную отрицательную обратную связь и служит одновременно регулятором тембра (по высоким частотам);

R_{24} — ограничительное сопротивление.

Конденсаторы. C_1 — для передачи сигнала частоты 6,5 *Мгц* с анодной цепи второго каскада видеоусилителя (см. рис. 8-2);

C_2 — вместе с катушкой L_1 и конденсатором C_1 образует колебательный контур, настроенный на вторую промежуточную частоту сигнала сопровождения 6,5 *Мгц* и ослабляющий в канале изображения сигнал частоты 6,5 *Мгц*;

C_3 — блокирует экранирующую сетку УПЧ по промежуточной частоте;

C_4 — входит в колебательный контур в анодной цепи УПЧ звукового канала;

C_5 — блокирует катод лампы $Л_1$ по промежуточной частоте;

C_6 — переходный конденсатор;

C_7 — блокирует экранирующую сетку лампы амплитудного ограничителя;

C_8 — входит в первичный контур дискриминатора;

C_9 и подстроечный конденсатор C_{10} — входят в состав вторичного контура дискриминатора;

C_{11} — конденсатор связи анодной нагрузки ограничителя с дискриминатором;

C_{12} — блокирует по промежуточной частоте анодную цепь лампы ограничителя;

C_{13} — блокирует нагрузку дискриминатора по промежуточной частоте;

C_{14} — блокирует по промежуточной частоте экранирующую сетку лампы усилителя напряжения звуковой частоты;

C_{15} — переходный конденсатор;

C_{16} — корректирует частотную характеристику звукового канала;

C_{17} — вместе с индуктивностью первичной обмотки выходного трансформатора образует контур, настроенный на частоту примерно 5—7 *кгц*, а кроме того, уменьшает высокочастотный фон, проникающий от строчной развертки;

C_{18} — конденсатор обратной связи (см. R_{23}).

Индуктивности. L_1 — катушка входного контура канала звукового сопровождения;

L_2 — катушка анодного контура УПЧ звука;

L_3 — катушка первичного контура дискриминатора;

L_4 — катушка вторичного контура дискриминатора;

L_5 и L_6 — первичная и вторичная катушки выходного звукового трансформатора.

Полупроводниковые диоды. $Д_1$ и $Д_2$ — частотного дискриминатора.

Лампы. $Л_1$ — усилитель промежуточной частоты звукового канала;

$Л_2$ — ограничитель;

$Л_3$ — усилитель напряжения звуковой частоты;

$Л_4$ — выходной каскад канала звукового сопровождения.

8-5. СИНХРОНИЗАЦИЯ И КАДРОВАЯ РАЗВЕРТКА

На рис. 8-4 показана схема этой части телевизора «Рекорд-4». В каскаде на лампе $Л_1$ происходит амплитудная селекция синхросигнала Затем синхросигнал поступает на интегрирующую и дифференцирующую цепочки для синхронизации кадровой и строчной разверток. Задающий генератор кадровой развертки представляет собой блокинг-генератор, собранный на триодной части лампы 6Ф1П ($Л_2$). Выходной каскад кадровой развертки ($Л_3$) охвачен сложной отрицательной обратной связью для повышения линейности отклонения по вертикали.

Предусматривается регулировка частоты кадров, размера изображения по вертикали и регулировка линейности.

Сопротивления. R_1 — через это сопротивление поступает видеосигнал из анодной цепи выходного каскада видеоусилителя;

R_2 — утечка сетки лампы амплитудного селектора;

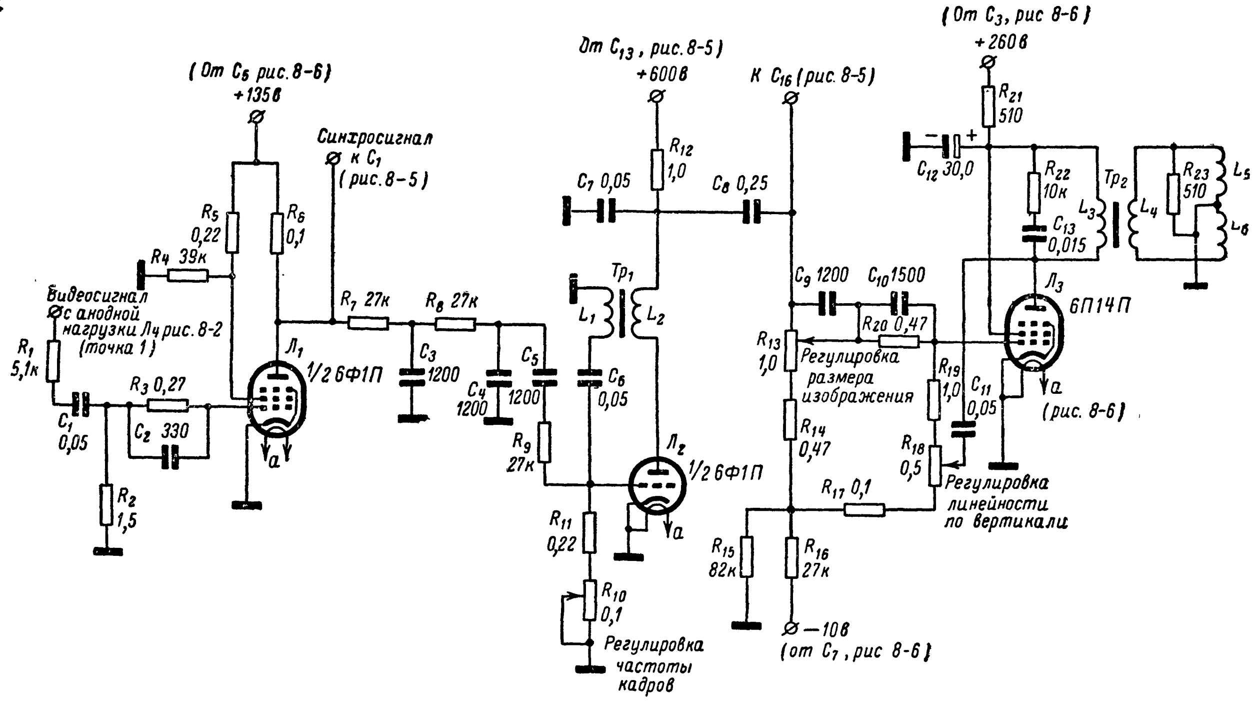


Рис. 8-4. Принципиальная схема синхронизации и кадровой развертки.

R_3 — вместе с конденсатором C_2 образует цепочку, устраняющую искажения сигнала синхронизации, препятствует запиранию амплитудного селектора сильными импульсами помех;

R_4 и R_5 — образуют делитель напряжения для питания экранирующей сетки лампы амплитудного селектора;

R_6 — нагрузка анодной цепи лампы амплитудного селектора;

R_7 и R_8 — вместе с конденсаторами C_3 и C_4 образуют интегрирующую цепочку для формирования кадрового импульса синхронизации;

R_9 — буферное сопротивление, уменьшающее влияние сеточной цепи блокинг-генератора на работу интегрирующей цепи и амплитудного селектора;

R_{10} — регулятор частоты блокинг-генератора кадров;

R_{11} — ограничительное сопротивление, предотвращающее срыв колебаний кадрового блокинг-генератора при верхнем крайнем положении движка потенциометра R_{10};

R_{12} — анодная нагрузка лампы блокинг-генератора;

R_{13} — потенциометр регулировки размера изображения по кадрам;

R_{14} — ограничительное сопротивление;

R_{15} и R_{16} — образуют делитель отрицательного напряжения для получения смещения на управляющей сетке лампы выходного каскада кадровой развертки;

R_{17} — ограничительное сопротивление;

R_{18} — потенциометр регулировки линейности изображения по вертикали;

R_{19} — сопротивление утечки сетки лампы;

R_{20} — вместе с конденсатором C_{10} образует дифференцирующую цепочку, улучшающую линейность изображения в нижней части растра;

R_{21} — вместе с конденсатором C_{12} образует низкочастотный фильтр, в основном предназначенный для уменьшения проникания сигнала кадровой частоты в каналы изображения и звукового сопровождения по цепям питания;

R_{22} — вместе с конденсатором C_{13} корректирует частотную характеристику выходного трансформатора для получения лучшей линейности развертки в верхней и нижней частях растра;

R_{23} — шунтирует кадровые отклоняющие катушки для устранения в них паразитных колебаний, могущих возникнуть из-за наличия распределенных емкостей в отклоняющей системе.

Конденсаторы. C_1 — переходный конденсатор, предотвращающий попадание постоянной составляющей анодного напряжения видеоусилителя на управляющую сетку лампы амплитудного селектора;

C_2 — корректирующий конденсатор (см. R_3);

C_3 и C_4 — конденсаторы интегрирующей цепочки (см. R_7);

C_5 — переходный конденсатор;

C_6 — вместе с сопротивлениями R_{10} и R_{11} определяет частоту кадровой развертки;

C_7 — зарядный конденсатор;

C_8 — переходный конденсатор, через который пилообразное напряжение с зарядного конденсатора поступает на управляющую сетку выходного каскада кадровой развертки;

C_9 — передает высокочастотные составляющие пилообразного на-

пряжения, что улучшает линейность в верхней и нижней частях растра;

C_{10} — корректирующий конденсатор (см. R_{20});

C_{11} — конденсатор обратной связи для повышения линейности развертки;

C_{12} — развязывающий конденсатор для ослабления кадрового фона в цепях питания;

C_{13} — корректирующий конденсатор (см. R_{22}).

Индуктивности. L_1 и L_2 — катушки первичной и вторичной обмотки трансформатора блокинг-генератора кадров;

L_3 и L_4 — катушки первичной и вторичной обмотки выходного трансформатора кадровой развертки;

L_5 и L_6 — кадровые отклоняющие катушки.

Лампы. $Л_1$ — амплитудный селектор;

$Л_2$ — блокинг-генератор кадров;

$Л_3$ — выходной каскад кадровой развертки.

8-6. СТРОЧНАЯ РАЗВЕРТКА И АРУ

Схема блока строчной развертки показана на рис. 8-5. Синхронизация строчной развертки телевизора «Рекорд-4» осуществляется с помощью фазового дискриминатора, собранного на диодах $Д_1$ и $Д_2$. С выхода дифференцирующей цепочки (C_1 и R_1) через конденсатор C_2 подаются на дискриминатор импульсы строчной синхронизации. Одновременно через конденсатор C_6 и буферное сопротивление R_{34} на дискриминатор поступают импульсы обратного хода строчной развертки, снимаемые со специальной обмотки строчного трансформатора (выводы *7* и *8*). Если строчные импульсы и импульсы обратного хода не совпадают во времени, то на выходе фазового дискриминатора появляется напряжение. Полярность выходного напряжения дискриминатора определяется временным положением обоих импульсов. Если частота строк ниже частоты строчных импульсов синхронизации, то выходное напряжение дискриминатора положительно.

После соответствующей фильтрации выходное напряжение дискриминатора поступает на сетку лампы мультивибратора ($Л_1$). При изменении напряжения дискриминатора меняется частота выходных пилообразных импульсов мультивибратора. Эти импульсы снимаются с правого анода лампы $Л_1$ и поступают на сетку мощного выходного каскада строчной развертки. С помощью демпфера ($Л_3$) устраняются колебательные процессы в строчной развертке В анодной цепи демпфера образуется напряжение 600 *в*, которое используется в схеме кадровой развертки (для питания анодной цепи блокинг-генератора). Высоковольтные импульсы обратного хода строчной развертки при помощи кенотрона $Л_4$ преобразуются в постоянное напряжение для питания второго анода кинескопа 35ЛК2Б.

Яркость изменяется с помощью потенциометра R_{20}, который меняет потенциал модулятора кинескопа Одновременно на модулятор через конденсатор C_{16} подаются отрицательные импульсы от кадровой развертки для гашения обратного хода по кадрам.

Потенциометр регулировки яркости питается от потенциометра R_{29}, предназначенного для регулировки контрастности изображения. Таким образом, при изменении контрастности одновременно автоматически регулируется яркость изображения.

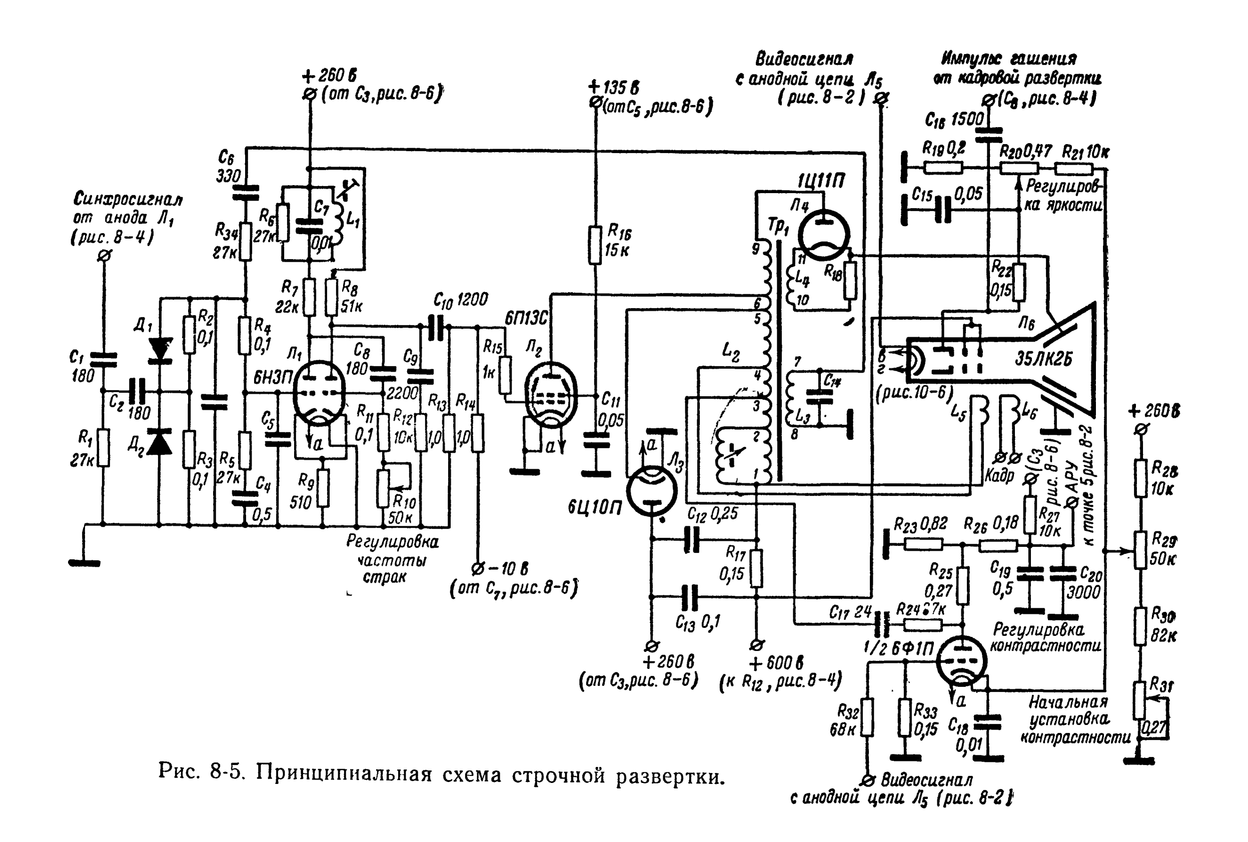


Рис. 8-5. Принципиальная схема строчной развертки.

На лампе $Л_5$ собрана схема формирования напряжения АРУ ключевого темпа. Через конденсатор C_{17} и сопротивление R_{27} на анод лампы $Л_5$ подаются положительные импульсы строчного обратного хода. Благодаря этому лампа отпирается только во время обратного хода строчной развертки. На управляющую сетку с анодной цепи лампы видеоусилителя подается полный видеосигнал вместе с постоянной составляющей, для компенсации которой в катод лампы $Л_5$ подается значительное положительное напряжение от потенциометра R_{29}. Таким образом, степень отпирания лампы импульсами обратного хода определяется с одной стороны, амплитудой строчных синхроимпульсов и, с другой стороны, положением движка потенциометра R_{29}, которым можно вручную устанавливать контрастность изображения. На анодном фильтре R_{26}, C_{19} и C_{20} образуется отрицательное напряжение АРУ, которое подается в УПЧ и блок ПТК.

Рассмотрим назначение отдельных элементов схемы.

Сопротивления. R_1 — дифференцирующее сопротивление;

R_2 и R_3 — нагрузочные сопротивления фазового дискриминатора;

R_4 — вместе с конденсаторами C_4 и C_5 образует интегрирующий фильтр, сглаживающий выходное напряжение фазового дискриминатора;

R_5 — входит также в состав фазового дискриминатора;

R_6 — устраняет паразитные колебания в стабилизирующем контуре мультивибратора;

R_7 — нагрузка лампы первого каскада мультивибратора;

R_8 — нагрузка лампы второго каскада мультивибратора;

R_9 — катодное сопротивление (общее для обоих каскадов) для получения положительной обратной связи, приводящей к самовозбуждению мультивибратора;

R_{10} — регулятор частоты строчной развертки;

R_{11} — ограничительное сопротивление;

R_{12} — вместе с конденсатором C_9 образует корректирующую цепочку, предназначенную для формирования импульсного напряжения;

R_{13} и R_{14} — образуют делитель отрицательного напряжения для подачи смещения на управляющую сетку лампы выходного каскада строчной развертки;

R_{15} — предотвращает паразитные колебания в цепи лампы $Л_2$;

R_{16} — гасящее и развязывающее сопротивление для питания экранирующей сетки лампы $Л_2$,

R_{17} — вместе с конденсатором C_{13} образует фильтр для сглаживания напряжения 600 *в*;

R_{18} — предназначено для уменьшения тока накала высоковольтного кенотрона (обмотка с выводами *10* и *11*);

R_{19}, R_{20} и R_{21} — образуют цепочку регулировки яркости изображения;

R_{22} — предназначено для того, чтобы импульсы гашения обратного хода по кадрам не замыкались конденсатором C_{15}, а кроме того, для уменьшения влияния регулятора яркости на качество гашения обратного хода луча;

R_{23} — замыкает анодную цепь лампы АРУ по постоянной составляющей;

R_{24} — буферное сопротивление;

R_{25} — вместе с сопротивлением R_{23} образует анодную нагрузку лампы $Л_5$;

R_{26} — сопротивление интегрирующего фильтра;

R_{27} — для подачи начального отрицательного смещения;

R_{28}, R_{29}, R_{30} и R_{31} — образуют цепь регулировки контрастности изображения;

R_{32} и R_{33} — образуют делитель напряжения видеосигнала;

R_{34} — вместе с конденсатором C_6 и другими элементами формирует импульс, подаваемый к фазовому дискриминатору.

Конденсаторы. C_1 — дифференцирующий конденсатор;

C_2 — переходный конденсатор;

C_3 — совместно с C_4 и C_5 входят в состав выходного фильтра фазового дискриминатора;

C_6 — переходный конденсатор (см. R_{34});

C_7 — вместе с индуктивностью L_1 образует контур, настроенный на частоту примерно 18 *кгц* и предназначенный для повышения стабильности строчной развертки;

C_8 — конденсатор мультивибратора;

C_9 — зарядный конденсатор мультивибратора, для образования пилообразного напряжения.

C_{10} — переходный конденсатор;

C_{11} — блокирует экранирующую сетку выходного каскада;

C_{12} — конденсатор вольтодобавки;

C_{13} — конденсатор фильтра (см. R_{17});

C_{14} — для некоторого увеличения длительности обратного хода, а следовательно, и размера изображения;

C_{15} — блокировочный конденсатор;

C_{16} — переходный и дифференцирующий конденсатор (через него поступают импульсы гашения обратного хода кадровой развертки);

C_{17} — переходный конденсатор;

C_{18} — блокировочный, замыкает катод лампы АРУ по переменной составляющей строчной частоты;

C_{19} и C_{20} — входят в состав фильтра выходного напряжения АРУ.

Индуктивности. L_1 — катушка стабилизирующего контура;

L_2 — первичная обмотка строчного автотрансформатора;

L_3 — обмотка строчного трансформатора для подачи импульсов обратного хода в схему инерционной синхронизации;

L_4 — обмотка накала высоковольтного кенотрона;

L_5 — строчные отклоняющие катушки;

L_6 — кадровые отклоняющие катушки.

Полупроводниковые диоды. $Д_1$ и $Д_2$ — фазового дискриминатора.

Лампы. $Л_1$ — строчный мультивибратор;

$Л_2$ — выходной каскад строчной развертки;

$Л_3$ — демпфирующий диод;

$Л_4$ — высоковольтный кенотрон;

$Л_5$ — лампа ключевой АРУ.

8-7. БЛОК ПИТАНИЯ

Принципиальная схема блока питания, приведенная на рис. 8—6, имеет ряд особенностей. Первичная обмотка имеет выводы, с помощью которых можно более точно установить рабочее напряжение трансформатора в зависимости от напряжения сети. Такая схема позволяет нормально питать телевизор при отклонениях напряжения питающей сети в пределах от 95 до 150 *в* (для сети с номинальным напряжением 127 *в*) и в пределах от 185 до 250 *в* (для сети с номинальным напряжением 220 *в*).

Для установки переключателя в соответствующее положение в цепи вторичной обмотки трансформатора имеется неоновая лампа $Л_1$, которая не загорается, если напряжение меньше нормального.

В телевизоре применена экономичная схема питания анодных цепей ламп низким и высоким напряжением. Для получения низкого отрицательного напряжения, используемого для смещения, в блоке питания имеется маломощный выпрямитель, собранный на диоде $Д_5$.

Сопротивления. R_1 — регулятор чувствительности неонового индикатора;

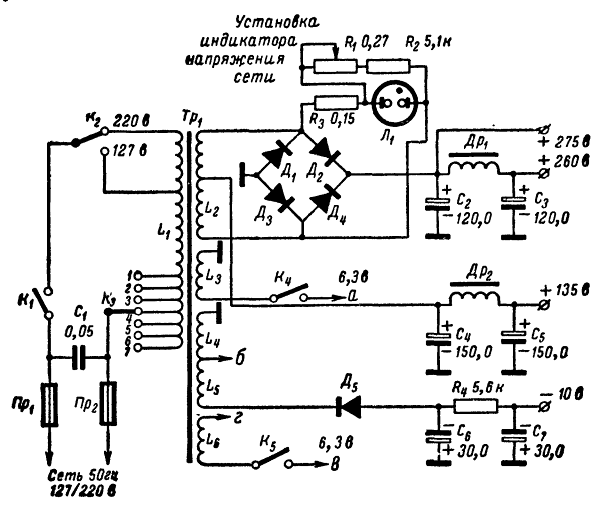


Рис. 8-6. Принципиальная схема блока питания.

R_2 — ограничительное;

R_3 — гасящее сопротивление, на котором падает напряжение при загорании индикатора;

R_4 — сопротивление фильтра, образованного совместно с конденсаторами C_6 и C_7.

Конденсаторы. C_1 — предназначен для уменьшения напряжения помех, создаваемых самим телевизором и проникающих в осветительную сеть, а также для уменьшения уровня помех, проникающих из сети в цепи питания телевизора;

C_2 и C_3 — входят в состав фильтра анодного напряжения 260—275 *в*;

C_4 и C_5 — входят в состав фильтра анодного напряжения 135 *в*;

C_6 и C_7 — вместе с R_4 образуют фильтр отрицательного напряжения 10 *в*.

Полупроводниковые диоды. $Д_1$, $Д_2$, $Д_3$ и $Д_4$ — мощные кремниевые полупроводниковые диоды типа Д204, служат для выпрямления переменного тока, включенные по схеме моста;

$Д_5$ — маломощный диод для получения отрицательного напряжения.

Индуктивности. L_1 — первичная обмотка трансформатора питания;

L_2 — анодная обмотка;

L_3 — обмотка накала всех ламп, кроме первого и второго каскадов усилителя низкой частоты звукового канала;

L_4 — обмотка накала ламп УНЧ звука ($Л_3$ и $Л_4$ на рис 10-3);

L_5 — дополнительная обмотка, которая совместно с обмоткой L_4 используется в низковольтном выпрямителе;

L_6 — обмотка питания накала кинескопа;

$Др_1$ и $Др_2$ — дроссели, входящие в состав фильтров анодного напряжения.

8-8. ПРОХОЖДЕНИЕ СИГНАЛОВ В СХЕМЕ ТЕЛЕВИЗОРА «РЕКОРД-4»

Высокочастотный сигнал, принятый антенной, по кабелю поступает на антенный вход телевизора A_1 или A_2 (рис. 8-1). Если принятый сигнал имеет большую интенсивность, то кабель подключают на антенный вход A_2, в случае слабого сигнала ко входу A_1.

В первой лампе $Л_1$ происходит усиление принятого сигнала. Усилитель высокой частоты выполнен по каскадной схеме (см. раздел 4-2). При переключении каналов происходит изменение индуктивностей катушек входных контуров и анодного фильтра УВЧ. Со вторичной обмотки анодного фильтра высокочастотный сигнал поступает на управляющую сетку смесителя ($Л_2$, рис. 8-1), куда одновременно через конденсатор C_{11} подается сигнал гетеродина.

Гетеродин собран на триодной части лампы $Л_2$ по схеме емкостной трехточки (см. 4-2). Частоту гетеродина на любом канале подстраивают переменным конденсатором C_{12}. Сигнал промежуточной частоты, возникающий в анодной цепи смесительной лампы, через индуктивность L_9 подается на вход усилителя промежуточной частоты канала изображения (рис. 8-2).

УПЧ канала изображения содержит три усилительных каскада ($Л_1$, $Л_2$ и $Л_3$, рис. 8-2). Частотная характеристика УПЧ, имеющая специальный характер (см. § 4-3), формируется при помощи контура с сильной связью L_1, L_2), Т-образного фильтра (L_4, L_5) и полосового фильтра ((L_7, L_8). Для режекции мешающих сигналов (см. § 2-3) в УПЧ введен отсасывающий контур с индуктивностью L_3. Режекторный контур с индуктивностью L_6 формирует характеристику в области промежуточной частоты сигнала изображения (см. § 2-3).

В УПЧ канала изображения имеется автоматическая регулировка усиления (АРУ), которая осуществляется изменением отрицательного напряжения на управляющих сетках первых двух ламп УПЧ.

С выхода диодного детектора $Д_1$ (рис. 8-2) видеосигнал подается на двухкаскадный видеоусилитель ($Л_4$, $Л_5$, рис. 8-2). Из анодной цепи второго каскада видеоусилителя видеосигнал подается в следующие цепи: на катод кинескопа (рис. 8-5), на амплитудный селектор схемы синхронизации разверток (рис. 8-4) и на вход усилителя ключевой АРУ (рис 8-5). Кроме того, непосредственно с анода второго каскада видеоусилителя разностная частота 6.5 *Мгц* подается на вход УПЧ канала звукового сопровождения (рис. 8-3).

Канал звукового сопровождения состоит из однокаскадного УПЧ, ограничителя, дискриминатора и двухкаскадного усилителя звуковых частот (рис. 8-3). Контур, состоящий из конденсаторов C_1, C_2 и катушки L_5, настроен на частоту биений 6,5 *Мгц*. В анодной цепи УПЧ имеется одиночный контур (C_4, L_2), настроенный также на частоту 6,5 *Мгц*, с которого усиленный сигнал промежуточной частоты подается на ограничитель ($Л_2$, рис. 8-3).

Для получения стабильного уровня ограничения сигнала напряжения для питания анода и экранирующей сетки лампы ограничителя снимаются с низкоомных делителей напряжения.

Выходной сигнал дискриминатора, собранного на диодах $Д_1$, $Д_2$, подается на потенциометр регулятора громкости (R_{14}). В схеме предусмотрена возможность подключения звукоснимателя к гнездам $К_4$, $К_5$. Сопротивление большой величины R_{13} устраняет возможность шунтирования выхода звукоснимателя диодами дискриминатора. Кроме того, сопротивление R_{13} вместе с конденсатором C_{16} образуют интегрирующую цепь, предназначенную для ослабления высоких частот звукового сигнала (см. § 2-7)

С движка потенциометра R_{14} звуковой сигнал подается на двухкаскадный УНЧ ($Л_3$, $Л_4$, рис. 8-3). Первый каскад — усилитель напряжения, второй — усилитель мощности. Ко вторичной обмотке выходного трансформатора подключаются два динамических громкоговорителя. Переключатель $К$ позволяет отключить эти громкоговорители при подключении к выходному трансформатору головных телефонов.

УНЧ охвачен отрицательной обратной связью со вторичной обмотки выходного трансформатора на катод первого каскада УНЧ. Частотная характеристика цепи обратной связи может регулироваться в некоторых пределах потенциометром R_{23}, при этом изменяется тембр звучания.

Амплитудный селектор собран на пентодной части лампы $Л_1$ (рис. 8-4). С анодной нагрузки лампы (сопротивление R_6 смесь синхросигналов подается на интегрирующий фильтр (R_7, R_8, C_3 и C_4) и фазовый детектор строчной синхронизации ($Д_1$, $Д_2$, рис. 8-5). В интегрирующем фильтре происходит формирование сигнала синхронизации кадровой развертки. Этот сигнал через переходную цепь C_5, R_9 поступает на блокинг-генератор кадровой развертки ($Л_2$, рис. 8-4). Собственная частота колебаний блокинг-генератора регулируется переменным сопротивлением R_{10} (см. § 3-17). Пилообразные колебания напряжения из анодной цепи блокинг-генератора через переходной конденсатор C_8 подаются на выходной каскад кадровой развертки ($Л_3$, рис. 8-4). В анодной цепи этой лампы имеется понижающий трансформатор, вторичная обмотка которого подключена к кадровым катушкам отклоняющей системы (L_5 и L_6). Выходной каскад охвачен отрицательной обратной связью, которая линеаризирует пилообразный отклоняющий ток в кадровых катушках. Глубина обратной связи регулируется потенциометром R_{18}. Для устранения высоковольтных выбросов напряжения на первичной обмотке трансформатора во время обратного хода кадровой развертки в анодную цепь лампы $Л_3$ введена цепочка R_{22}, C_{13}.

Строчный генератор синхронизируется при помощи фазового дискриминатора, к выходу которого подключен инерционный фильтр (R_5, C_4 и C_5, рис. 8-5). В фазовом дискриминаторе, выполненном на диодах $Д_1$ и $Д_2$, производится сравнение частоты строчных импуль-

сов синхронизации, поступающих от видеоусилителя через конденсатор C_1 и частоты колебаний строчной развертки. Импульсы строчной развертки поступают на дискриминатор от строчного трансформатора через конденсатор C_6. С выхода инерционного фильтра (см. § 4-11) управляющее напряжение подается на мультивибратор строчной развертки. В мультивибраторе происходит формирование пилообразного напряжения строчной частоты. Для стабилизации частоты строк в анодную цепь мультивибратора помещен колебательный контур (C_7, L_1), настроенный на частоту, несколько более высокую, чем частота строк.

Пилообразные импульсы строчной частоты через переходной конденсатор C_{10} (рис. 8-5) подаются на выходной каскад строчной развертки (см. § 4 11).

В анодную цепь выходной лампы ($Л_2$) включен автотрансформатор $Тр_1$, с одной из обмоток которого пилообразные импульсы тока подаются на строчные катушки (L_5, L_6) отклоняющей системы. Мощный ламповый диод $Л_3$ осуществляет демпфирование колебаний, возникающих в обмотках строчного автотрансформатора по окончании обратного хода развертки. На конденсаторе C_{12} образуется напряжение от детектирования собственных колебаний (см. § 4 П). Это напряжение используется для питания электродов кинескопа и блокинг-генератора кадровой развертки. На элементах R_{17} и C_{13} происходит фильтрация высокого напряжения.

Высоковольтные импульсы напряжения, возникающие на обмотках строчного автотрансформатора, во время обратного хода используются для формирования ускоряющего напряжения для анода кинескопа. Эти импульсы детектируются диодом $Л_4$ (рис. 8-5). В качестве конденсатора фильтра высокого напряжения используется емкость между вторым анодом и наружным проводящим покрытием кинескопа, имеющим электрический контакт с шасси телевизора.

Для гашения обратных ходов кадровой развертки на управляющий электрод кинескопа через конденсатор C_{18} подаются отрицательные импульсы от кадровой развертки.

Анодная цепь лампы ключевой АРУ питается импульсами от обмотки строчного автотрансформатора (см. § 4-11). В анодной цепи лампы АРУ ($^1/_2$ 6Ф1П) образуется отрицательное напряжение, пропорциональное амплитуде синхросигналов. После фильтрации (R_6, C_{19}, C_{20}) это отрицательное напряжение подается на управляющие сетки регулируемых ламп УПЧ канала изображения и УВЧ (рис. 8-1 и 8-2).

Ручная регулировка контрастности осуществляется потенциометром R_{29}, при помощи которого изменяется напряжение на катоде ключевой лампы. С движка потенциометра R_{29} напряжение снимается также на цепь регулирования яркости изображения (R_{19}, R_{20} и R_{21}, рис. 8-5). Благодаря этому при ручной регулировке контрастности изображения происходит автоматическая коррекция яркости изображения.

Для питания накальных и анодных цепей телевизора применен трансформатор $Тр_1$ (рис. 8-6). В первичной обмотке трансформатора питания имеется несколько отводов, позволяющих нормально питать телевизор при значительных отклонениях напряжения питающей сети от номинального. Во вторичной цепи трансформатора имеется индикаторное устройство (на неоновой лампочке), позво-

ляющее подобрать соответствующее положение переключателя K_3. Если напряжение на вторичной обмотке трансформатора ниже требуемого, то лампочка не горит Если же напряжение на вторичной обмотке равно или более требуемого, индикаторная лампочка загорается. Переключатель K_3 следует устанавливать в такое положение, при котором лампочка загорается.

Анодные цепи мощных каскадов питаются напряжением 260 или 275 *в*. Аноды маломощных усилительных ламп УПЧ каналов изображения и звука питаются напряжением 135 *в*.

Для формирования отрицательного напряжения смещения ламп используется специальная обмотка (L_4, L_5), к которой подключены маломощный диод $Д_5$ с фильтром C_6, C_7 и R_4.

С помощью выключателей K_4, K_5 выключается напряжение канала кинескопа, ламп строчной и кадровой разверток и канала изображения при переходе на воспроизведение грамзаписи. При этом работают лишь лампы усилителя низкой частоты звукового канала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айсберг А., Телевидение?... Это очень просто! Перевод с французского под общей редакцией Брейтбарта А. Я., Госэнергоиздат, 1963.
2. Бабук Г. В., Настройка высокочастотных блоков телевизионных приемников. Связьиздат, 1962.
3 Варбанский А. М., Телевизионная техника, Госэнергоиздат, 1959.
4. Грудинская Г. П., Распространение ультракоротких радиоволн, Госэнергоиздат, 1957.
5. Ельяшкевич С А., Справочник по телевизионным приемникам, Госэнергоиздат, 1960.
6. Загик С. Е. и Капчинский Л. М., Приемные телевизионные антенны, Госэнергоиздат, 1958.
7. Игнатьев Н. К., Телевидение, Связьиздат, 1958.
8. Кнеллер Н. А., Круковец Ф. И., Феттер Н. Н., Индустриальные помехи на экранах телевизоров. Связьиздат, 1962.
9. Клопов А. Я. и Рассадников К. И., Основы телевизионной техники, Госэнергоиздат, 1961.
10. Самойлов Г. П., Дальний прием телевизионных передач, Связьиздат, 1957.
11. Самойлов Г. П., Развертывающие устройства в телевизорах и их неисправности, Госэнергоиздат, 1958.
12. Сотников С. К., Сверхдальний прием телевидения, Госэнергоиздат, 1960.
13. Справочник по телевизионной технике, перевод с английского под общей редакцией проф. Катаева С .И., Госэнергоиздат, 1962.
14. Шац С. Я., Транзисторы и основы их применения, Судпромгиз, 1960.
15. Эфрусси Я. И., Усилители промежуточной частоты для телевизоров, Госэнергоиздат, 1957.
16. Виноградов Л. Н, Учитесь ремонтировать свой телевизор, изд-во «Связь», Москва, 1964.

СОДЕРЖАНИЕ

Цена 57 коп.

ИНФОРМАЦИЯ
редакции Массовой радиобиблиотеки

Имеются в продаже

Две справочные брошюры Массовой радиобиблиотеки:

А. Г. Соболевский, **Тестеры и авометры**, 40 стр., 9 коп.

Содержит основные справочные сведения о работе с тестерами и авометрами — комбинированными многопредельными приборами, предназначенными для измерения тока, напряжения и сопротивления. В брошюре указаны электрические данные приборов, наиболее распространяемых в практике радиолюбителей, приведены принципиальные схемы этих приборов и даны рисунки, поясняющие включение приборов при различных измерениях.

Справочник предназначен для широкого круга радиолюбителей.

А. Г. Соболевский, **Материалы в радиоэлектронике**, 48 стр., 14 коп.

В справочнике содержатся сведения о материалах, с которыми радиолюбитель имеет дело при конструировании радиоаппаратуры: проводниках, диэлектриках (керамика, смолы, пластмассы, лаки и эмали), магнитных материалах (клеях, дереве и др.).

Справочник предназначен для радиолюбителей-конструкторов.

Эти брошюры по Вашему требованию может выслать наложенным платежом отдел сбыта издательства «Энергия», Москва Ж-114, Шлюзовая набережная, 10.

Других книг Отдел сбыта не имеет.